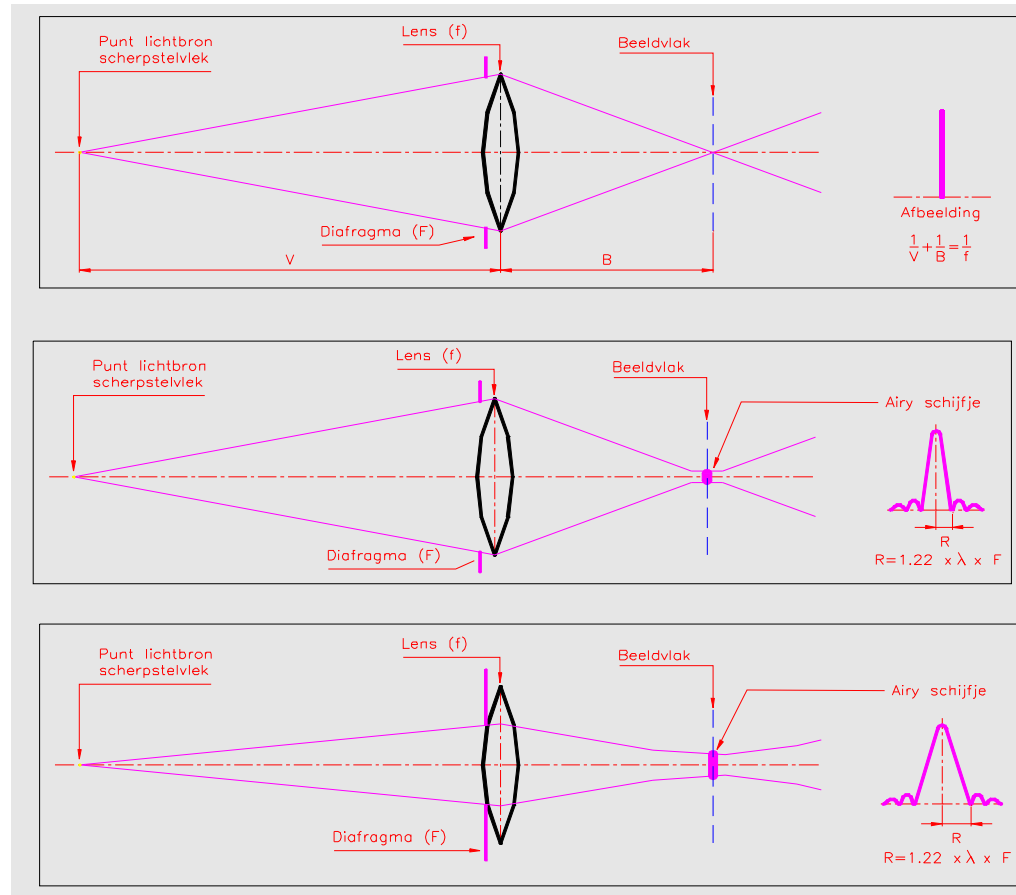


SCHERPTE EN SCHERPTE DIEPTE



Een uiteenzetting wat is scherp en scherpte diepte, en wat doen we ermee

Verantwoording

Over scherpte diepte , en voorafgaande aan dat begrip, de scherpte worden vele, veel al moeilijke verhalen en dogma's verteld.

Om het begrip meer inzichtelijk te maken is in deze tutorial geprobeerd om, vooral aan de hand van tekeningen, een verduidelijking te geven, zodanig dat in de praktijk met de materie “gespeeld” kan worden.

Alhoewel een aantal formules gebruikt worden is het niet de bedoeling om van het verhaal een natuurkundig leerboek te maken.

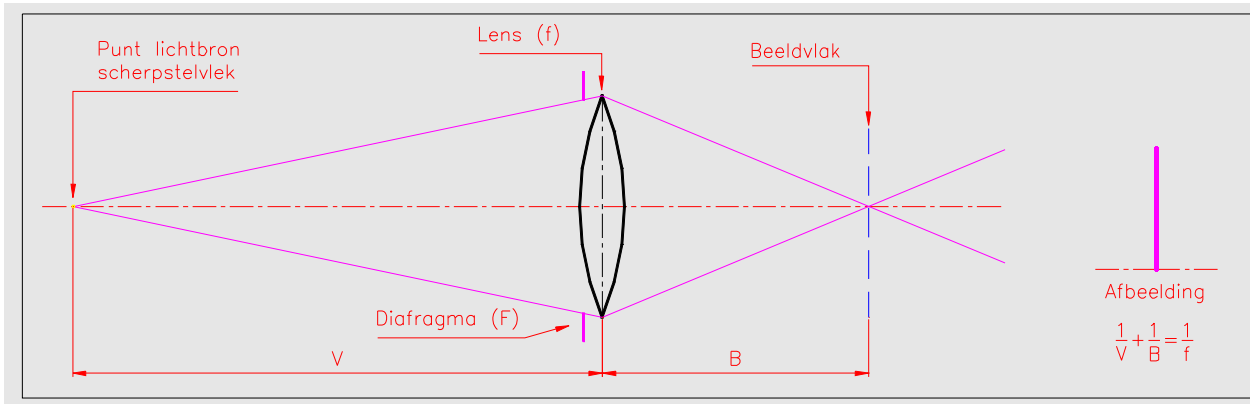
Wel is getracht inzicht en begrip te geven hoe het in elkaar zit, wat de parameters zijn en wat je ermee kunt doen.

Inhoud

Scherpte	Wat is nu precies scherp en wat kunnen we verwachten.
De praktijk	Een onderwerp bestaande uit lichtbronnen die zich niet op het scherpstelvlak bevinden.
De invloed van diafragmeren	Wat gebeurt er met de afbeeldingen
De invloed van het oog	Wat kunnen we eigenlijk zien
Het begrip scherptediepte	De invloed van diafragmeren.
Scherptediepte bepalen	De formules
Het verstrooiingschijfje	De invloed van vergroten
Een "bruikbaar" verstrooiingschijfje	Waar kunnen we mee rekenen
Wat praktijk aanvullingen	Hoe werken we in de praktijk meestal
Een aanvulling ter verduidelijking	Van schijfje naar licht/donker overgang
Samenvatting	Wat in de praktijk
Verbeteren	Hoe de scherpte diepte te vergroten indien noodzakelijk.
Extra	Het begrip Hyperfocale afstand, de verdeling en wat doen we ermee
Bijlagen	Literatuur, tabel, Groot is beter

SCHERPTE EN SCHERPTE DIEPTE

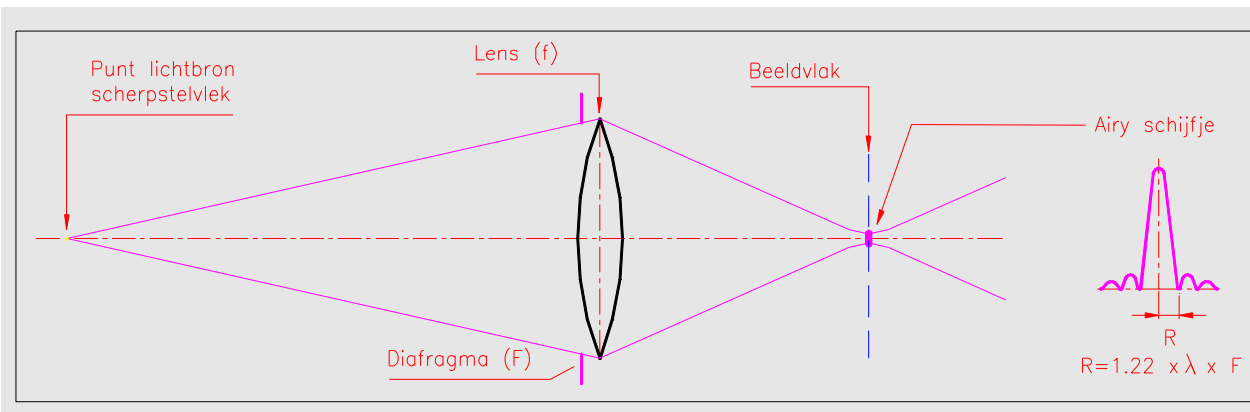
Wat is nu precies scherp en wat kunnen we verwachten,



Eerst een ideale lens die een punt lichtbron afbeeldt.

Er geldt de lens formule en de afbeelding zou een kleine, scherp begrensde punt moeten zijn.

Dus de ideale situatie.

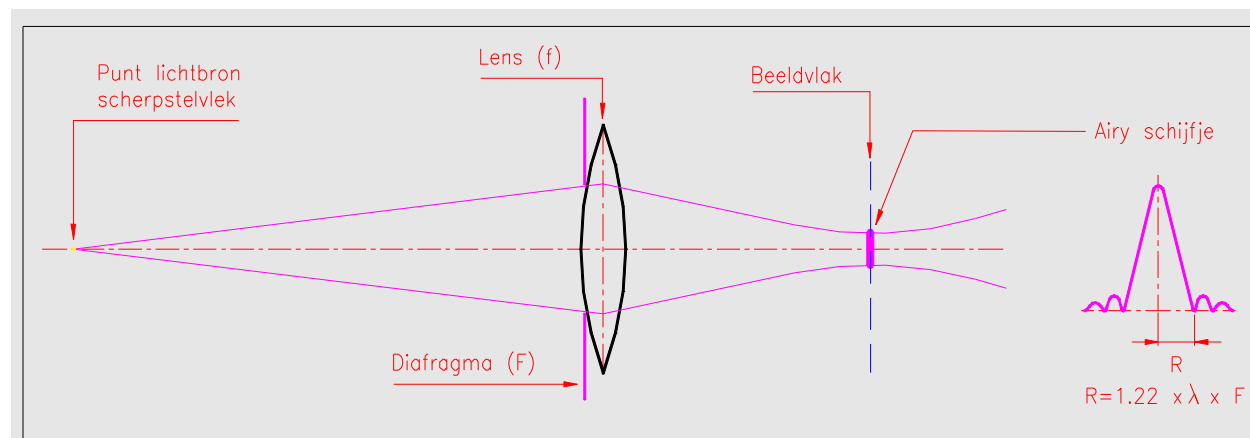


Nu de "echte" wereld

Er wordt, in werkelijkheid, een schijfje afgebeeld, het Airy schijfje, dat ontstaat door diffractie (buiging).

De grootte (straal) wordt bepaald door een constante, de golflengte van het licht en het diafragma.

(De ringen aan de voet zijn dusdanig zwak dat we die verwaarlozen)



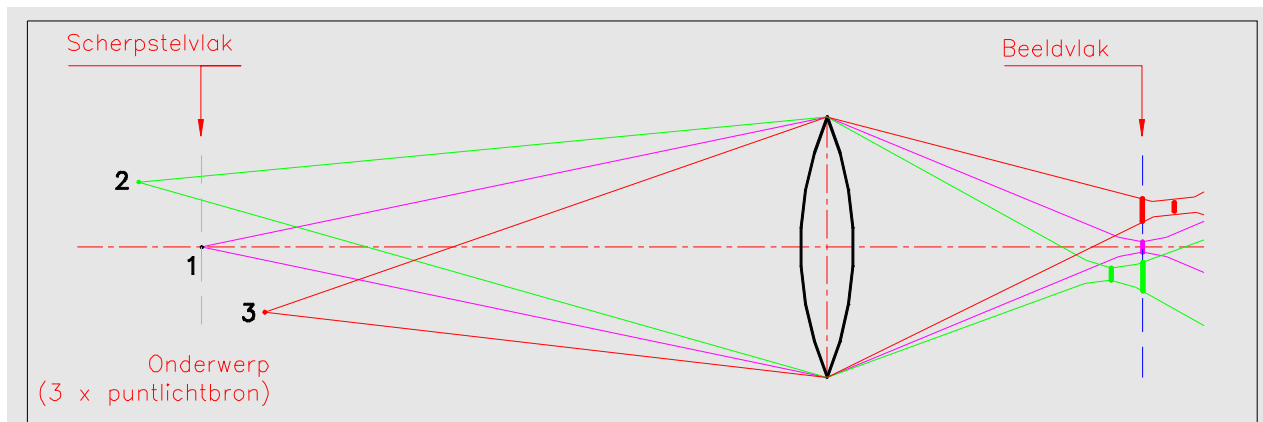
Gaan we diafragmeren (diafragma naar kleinere opening) dan neemt de diffractie toe en wordt het Airy schijfje groter.

Opmerking: Dit alles voor een ideale lens zonder verdere lensfouten. Dit is dus het maximaal haalbare, in de praktijk zal het dus "slechter" zijn

Lenzen die het schijfje zoals de formule aangeeft kunnen afbeelden noemen we buiging begrensd

DE PRAKTIJK

Nu een onderwerp bestaande uit lichtbronnen die zich niet op het scherpstelvlak bevinden.



We stellen scherp op lichtbron 1 (scherpstelvlak) waardoor we zijn Airy schijfje geprojecteerd krijgen op het beeldvlak (of te wel de sensor)

Lichtbronnen 2 en 3 liggen niet op het scherpstelvlak maar worden wel door de lens afgebeeld.

De vraag is hoe worden ze afgebeeld.

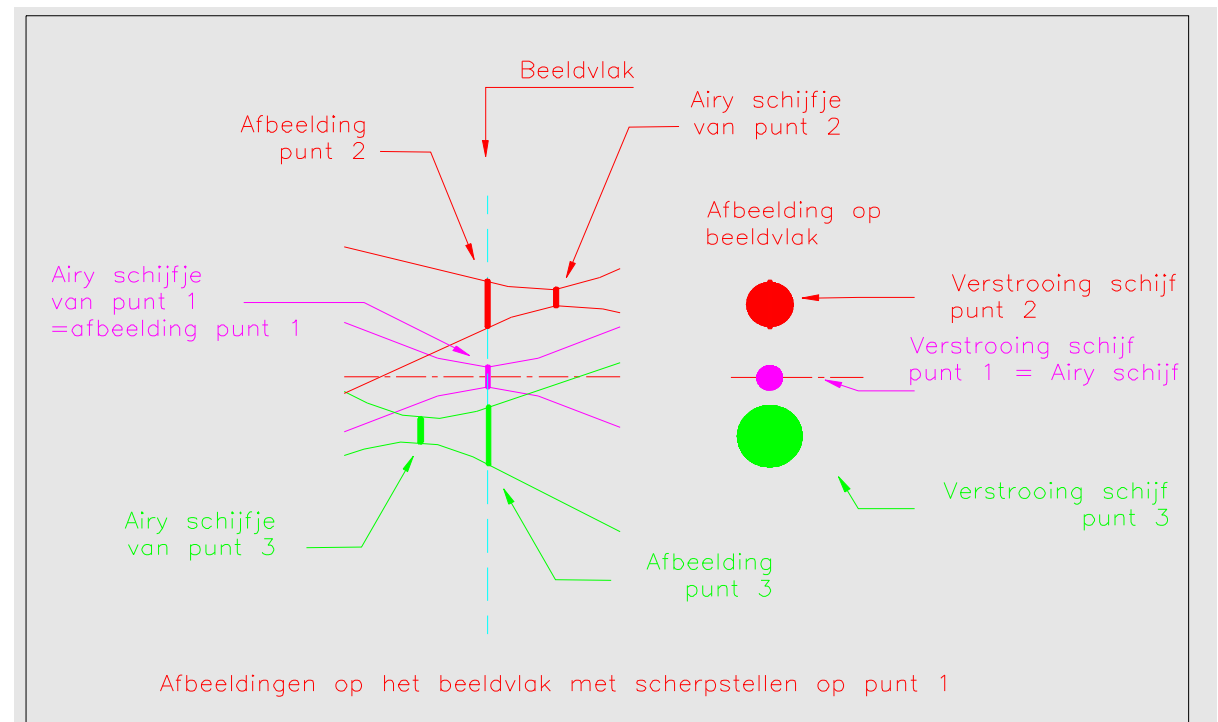
Ieder lichtbron wordt door de lens afgebeeld volgens de lens formule en zal dus al naar gelang zijn voorwerp afstand een beeld afstand krijgen waar zijn Airy schijfje wordt geprojecteerd. (ergens in de ruimte)

Echter deze Airy schijfjes vallen niet op het beeldvlak dat bij het scherpstellen van 2 hoort. (hier zit de sensor)

In de tekening zien we dat bv het Airy schijfje van 2 voor de sensor ligt. Door het uitwaaiëren van de stralen (divergentie) krijgen we nu op de sensor (beeldvlak) een vergrote afbeelding van het Airy schijfje van 2.

Dit (vergroote) schijfje noemen we een verstrooiings-schijfje.

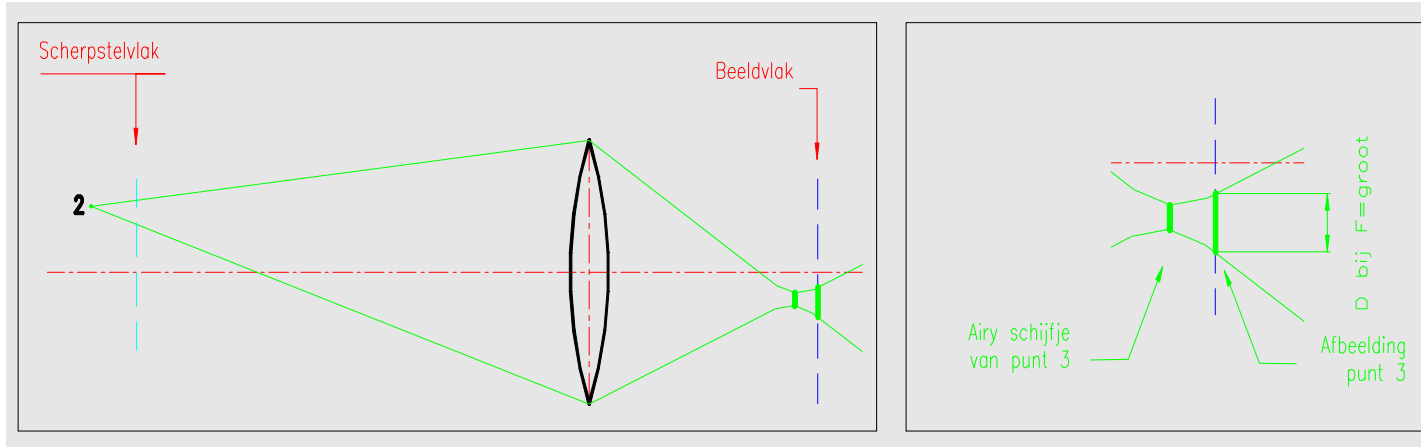
Dit is dus altijd groter dan het Airy schijfje.



DE INVLOED VAN DIAFRAGMEREN OP DE SCHIJFJES

We hebben gezien dat bij diafragmeren het Airy schijfje groter wordt (meer diffractie) en wel volgens de formule.

Maar wat gebeurt er met het verstrooiingsschijfje, ook hiervoor een tekening.

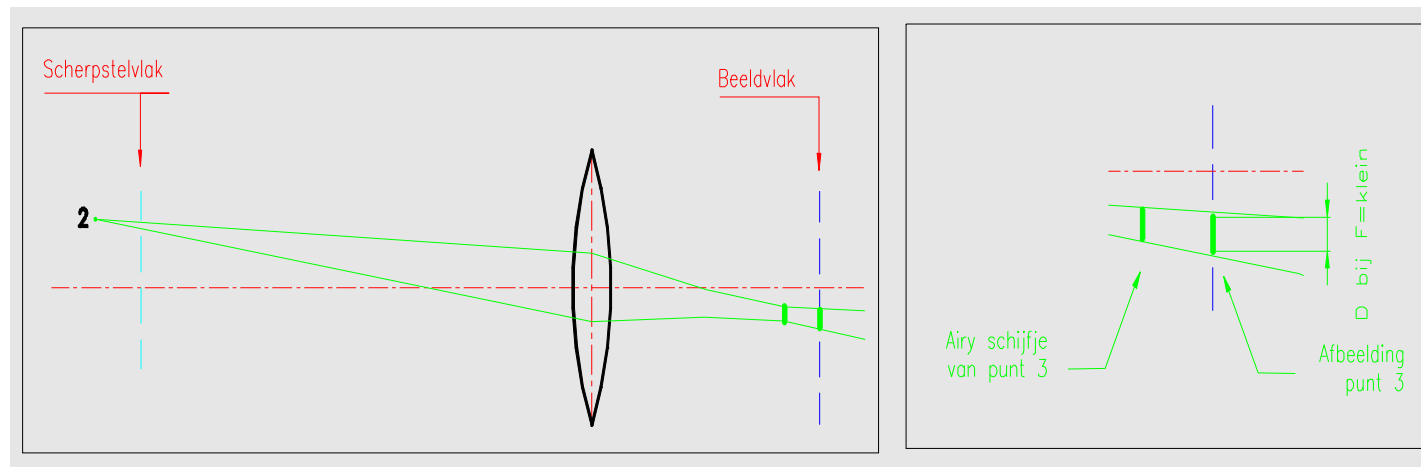


We zien de stralengang van punt 2 en de bijbehorende Airy en verstrooiing schijf. (de afbeelding van 3 op de sensor)

Deze hebben een bepaalde afmeting.

Zoals verwacht is de verstrooiingsschijfje groter als de Airy schijf.

Nu gaan we sterk diafragmeren en kijken naar de stralengang en de bijbehorende schijfjes.



Hier zien we dat het Airy schijfje (zoals verwacht) groter wordt maar dat het verstrooiing schijfje kleiner wordt doordat de divergentie afneemt.

Het verstrooiingsschijfje blijft wel groter dan het Airy schijfje.

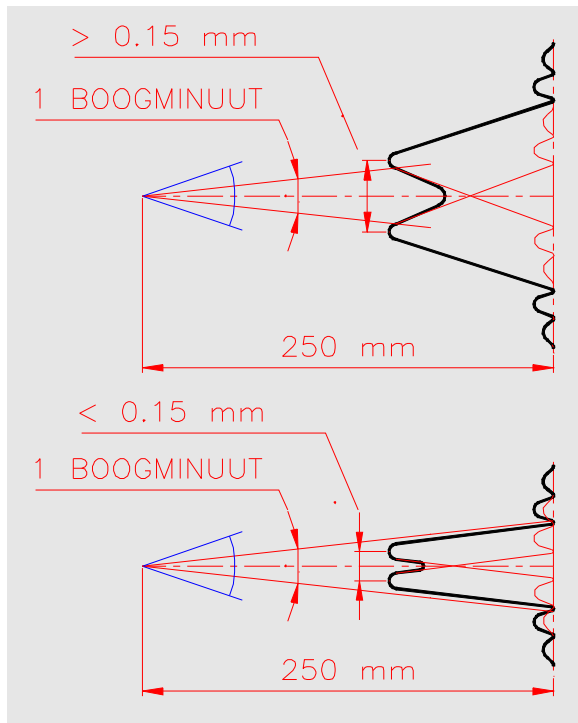
Samenvattend: Een punt op het scherpstelvlak wordt op het beeldvlak afgebeeld als een schijfje met een bepaalde afmeting (het Airy schijfje)
Een punt buiten het scherpstelvlak wordt op het beeldvlak afgebeeld als een (groter) schijfje, het verstrooiingsschijfje.
Diafragmeren vergroot het Airy schijfje (meer diffractie) en verkleint het verstrooiingsschijfje (minder divergentie).

DE INVLOED VAN HET OOG

De opname en de werking van de lens is een ding maar we kijken natuurlijk met onze ogen, en die vormen een optisch systeem op zich zelf. Vraag, hoe goed is een gemiddeld oog?

Het oog heeft een oplossend of scheidend vermogen (ook wel hoek resolutie) dwz. de kleinste hoek waaronder twee punt lichtbronnen nog afzonderlijk kunnen worden waargenomen, van ongeveer 1 boog minuut.

Het menselijk oog kan dus twee naburige punten slechts afzonderlijk zien als de gezichtshoek groter is dan 1 boog minuut. We gaan nu uit van de kortste scherpstel afstand van het oog en wel 250 mm. Bij 1 boog minuut ligt dan het scheidend vermogen (de minimale afstand tussen 2 lichtpunten) op 0,15 mm.



Hier zijn 2 schijfjes naast elkaar afgebeeld, zodanig dat de afstand groter is dan 0,15 mm en dus ziet het oog 2 separate punten. Ook neemt het oog de “deuk” waar tussen de 2 punten.

In het onderste voorbeeld zijn de 2 schijfjes zo afgebeeld dat de afstand kleiner is dan 0,15 mm met als resultaat dat het oog geen verschil ziet en het waarneemt als een punt. Het verloop in intensiteit (de “deuk”) wordt in dit geval ook niet gezien.

We kunnen dus stellen dat dus details (“deuken” en gescheiden schijfjes) niet gezien worden als ze kleiner zijn dan 0,15 mm, maar let op, wel op 250 mm kijk afstand.

Op grotere kijk afstand bv. 500 mm. Blijft die boogminuut gelden echter het kleinste schijfje dat we onderscheiden is dan 0,30 mm. (2x afstand = 2x diameter schijfje)

Evenzo 1000 mm, afstand, schijfje minimaal 0.6 mm, enz, enz.

Conclusie hoe groter de kijk afstand, hoe groter het verstrooiingsschijfje mag zijn voordat wij er iets van opmerken.

Opmerking: Slimme opmerking is, ik fotografeer geen punt lichtbronnen, daarom wordt verderop aangetoond dat we dat wel heel veel doen, zonder het te weten. (op te vatten als halve punt lichtbronnen)

Wat hebben we nu aan deze informatie?

De lens projecteert schijfjes op de sensor, die een bepaalde afmeting hebben en we hebben een oog dat details kleiner dan een bepaalde waarde niet ziet.

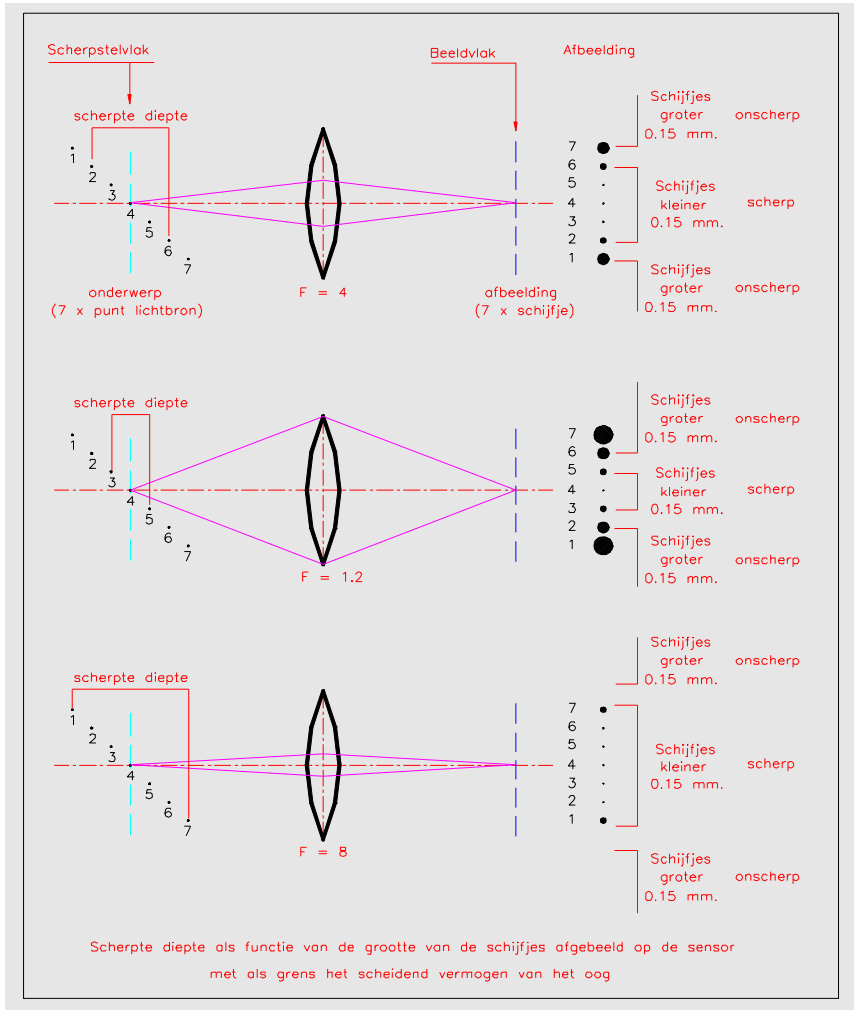
Echter we gaan de afbeelding op de sensor vergroten en dus ook de schijfjes groter maken zodat vanaf een bepaalde vergroting het oog de details wel gaat zien.

Wat we ook nog hebben is de kijk afstand als variabele, bij toename kijk afstand neem de detail waarneming af, dus we zien dan de grotere schijfjes weer niet.

HET BEGRIP SCHERPTE DIEPTE EN DE INVLOED VAN DIAFRAGMEREN.

Onder scherpte diepte verstaan we het gebied rondom het scherpstelpunt waarin de afgebeelde buiging schijfjes kleiner zijn dan een afgesproken waarde, terwijl die waarde weer gelinkt is aan wat het oog wel of niet kan zien.

Scherp is dus eigenlijk toelaatbare onscherpte omdat het oog het toch niet kan zien.



Resultaat van diafragmeren.

Punten 1-7 liggen rondom het scherpstelpunt 4 met als resultaat op de sensor een Airy schijfje van 4 en buiging schijfjes van 1-3 en 5-7.

Hoe verder het punt ligt van het scherpstelpunt (4) hoe groter het buiging schijfje.

Omdat we gezien hebben dat het oog (gemiddeld) 0,15 mm als grenswaarde heeft zullen we schijfjes kleiner als 0,15 als “scherp” ervaren en grotere schijfjes als “onscherp”.

Bij diafragmeren worden de buiging schijfjes kleiner met als gevolg dat punten verder weg van het scherpstel punt kleiner worden en dus onder de 0,15 mm grens komen met als resultaat “scherp”.

We zien dus dat bij diafragmeren punten verder weg van het scherpstel punt kleiner worden afgebeeld en dan dus vallen binnen de gestelde waarde die we als “scherp” definiëren.

Er is dus een direct verband tussen diafragma waarde en scherpte diepte en wel bij diafragmeren wordt de scherpte diepte (gebied wat scherp is rondom scherpstel punt) groter.

Let op het voorbeeld geeft waarden van buiging schijfjes op de sensor, er wordt hier nog niet gesproken over de invloed van vergroten, dat komt later aan de orde.

Samenvatting: Diafragmeren geeft meer scherpte diepte maar zoals altijd is er een nadeel, de absoluut bereikbare scherpte wordt minder. Door het diafragmeren wordt het Airy schijfje groter, dus ook de minimale grootte dat je kunt afbeelden.

We noemen dit diffractie

SCHERPTE DIEPTE BEPALEN

Vanuit de lensformule kan een formule voor de scherpte diepte bepaald worden, en wel:

$$A_v = \frac{A_i * f^2}{f^2 + e * I (A_i - f)}$$
$$A_a = \frac{A_i * f^2}{f^2 - e * I (A_i - f)}$$

Hierin is: Av afstand objectief tot voorste punt scherpte diepte
Aa afstand objectief tot achterste punt scherpte diepte
Ai instelafstand
f Brandpuntafstand
I diafragma (F getal)
e diameter toelaatbaar verstrooiingsschijfje (dit is een aanname gebaseerd op mogelijkheden van het oog, zie verder)

Deze formule spreekt voor zichzelf, behalve de “e”, het maximum toelaatbare verstrooiingsschijfje, wat moeten we hier nu voor invullen ?

HET VERSTROOIINGSSCHIJFJE, DE INVLOED VAN VERGROTEN.

Nog even terug, tot nu toe hebben we alleen gekeken naar de projectie van schijfjes op de sensor en nog niet gesproken over vergroten.

Met de sensor maten die we gebruiken zullen we echter, om een bruikbaar eindproduct te krijgen (bv afdruk), altijd moeten vergroten en daar beginnen de problemen te komen.

Want met deze vergroting vergroten we ook de versstrooiingsschijfjes en dus ook de zichtbaarheid voor het oog, we gaan “onscherpte” zien vanaf een zekere vergroting.

Het lijkt dan alsof bij vergroten de scherpte diepte afneemt, schijfjes die op de sensor kleiner waren dan wat het oog kan zien worden nu zo groot dat ze te onderscheiden zijn,

Nu hadden we nog een variabele en wel de kijk afstand, grotere foto's bekijken we over het algemeen van een grotere afstand waardoor het scheidend vermogen van het oog weer afneemt zodat de vergrote schijfjes weer onder het vermogen van het oog vallen en dus weer als “scherp” gezien worden (de scherpte diepte neemt toe).

Er is dus een relatie tussen vergroting, kijk afstand en scherpte diepte, onafhankelijk wat de lens op de sensor projecteert.

Scherpte diepte is omgekeerd evenredig met de vergroting en evenredig met de kijk afstand.

Helaas is er in de praktijk geen vaste relatie tussen vergroting en kijk afstand, allerlei situaties kunnen voorkomen, van gunstig tot ongunstig.

Toch zullen we een waarde van het verstrooiingsschijfje moeten bepalen waarmee we uit de voeten kunnen.

EEN “BRUIKBAAR” VERSTROOIINGSSCHIJFJE

Om toch een waarde te kunnen vaststellen zijn er een aantal aannames gedaan die (redelijk) overeenkomen met wat in de praktijk gebruikelijk is.

Hieruit komt men tot het volgende uitgangspunt:

Stel we gaan uit van een sensor van ca. 36x24 mm, deze vergroten we 5x zodat een afdruk ontstaat van ca. 110-120 x 160-180 mm. Deze afdruk wordt (aangenomen, gemiddeld) op ca. 25 cm afstand bekeken.

We weten dat het oog op die afstand een onderscheid kan maken van 0,15 mm of groter dus mogen de schijfjes op de afdruk niet groter zijn dan deze 0,15 mm met als resultaat dat bij 5x vergoten het verstrooiingsschijfje op de sensor niet groter mag zijn dan $0,15/5 = 0,03$ mm (of te wel 30 micron)

Over het algemeen gaat men er nu vanuit dat dit een bruikbare waarde is, tevens gaat men er vanuit dat bij grotere vergrotingen de kijk afstand evenredig toe neemt.

Let wel op, voor bv. een kleinere sensor geldt bovenstaande niet, je moet dan meer vergroten zodat dus voor het schijfje (op de sensor) een kleinere waarde geldt.

Volgende tabel wordt veel toegepast echter er kunnen afwijkingen zijn.

Typische waarden voor het verstrooiingsschijfje bij gegeven sensor afmetingen

Formaat	Compact	1.6 DSLR	1.5 DSLR	1.3 DSLR	1 DSLR	645	
Afmetingen	6.16x4.62	22.2x14.8	23.6x15.6	27.9x18.6	24x36	44x33	mm.
Schijfje	6	18.5	20	23	30	50	micron

Buiten deze waarden kun je vele andere waarden tegenkomen.

Zo zijn scherpte diepte tabellen, die bij een lens worden geleverd vaak uitgerekend met een andere waarde.

Dit geldt ook voor de aangegeven scherptediepte die soms op objectieven is aangebracht.

Wat hier nu mee te doen in de praktijk.

De formules en waarden zijn te gebruiken als richtlijn en geven een aardig idee wat je kunt verwachten.

Weet je van te voren al dat je eindresultaat afwijkt van de norm (bv. grote afdruk, kleine kijkafstand) dan kun je al in de formule corrigeren. (andere waarde invullen voor verstrooiingsschijfje)

WAT PRAKTIJK AANVULLING

Bij het fotograferen veranderen we constant de brandpunt afstand, de voorwerp afstand en het diafragma, instellingen die allemaal de scherpte diepte beïnvloeden. Nu kun je dus continu de scherpte diepte uitrekenen (of tabel raadplegen) maar er is nog een andere benadering en wel de afbeeldingsmaatstaf die we willen.

Stel je wilt een portret maken, je zorgt er dan voor dat het hoofd beeldvullend in je zoeker (en dus op de sensor) komt en dat ongeacht welke brandpunt afstand je gebruikt. .

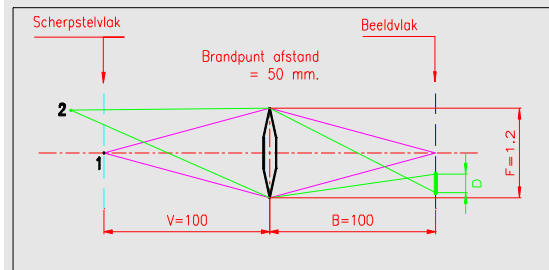
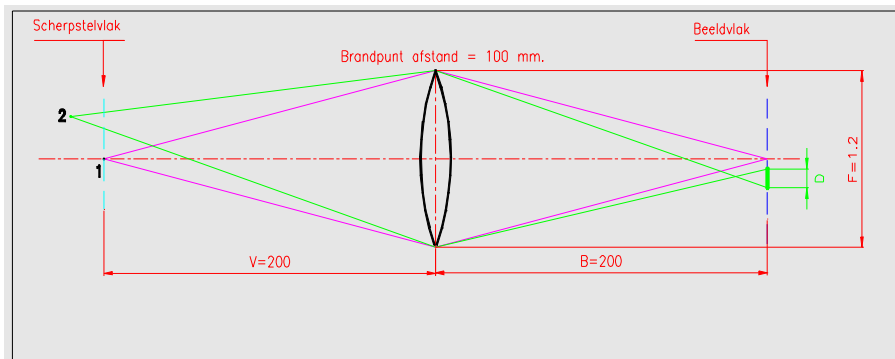
Bij 50 mm heb je een bepaalde voorwerp afstand maar zet je er nu 100 mm op dan ga je wat achteruit (dubbele voorwerp afstand) zodat weer het gehele hoofd er op staat, dus dezelfde afbeeldingsmaatstaf.

Zelfde geldt bv. Voor macro, je wilt die vlieg 1:1 op je sensor hebben dus zul je de voorwerp afstand, bij een andere brandpunt afstand, aanpassen want de afbeeldingsmaatstaf is maatgevend.

We zien dus dat een verandering van de brandpunt afstand gecombineerd met een evenredige aanpassing van de voorwerp afstand (of te wel de instel afstand) een gelijk blijvende afbeeldingsmaatstaf geeft.

Je kunt vast stellen dat de afbeeldingsmaatstaf dus meestal meer van belang is (wat wil ik op mijn opname krijgen) dan de daarbij behorende lens en instel afstand, die we meestal door het onderwerp laten bepalen.

Nu het verband tussen scherptediepte en afbeeldingsmaatstaf, is dat er dan? Je kunt als voorbeeld 2x een berekening maken met de bovenstaand formules met 2 brandpunt afstanden en 2 voorwerp afstanden en wel zo dat de afbeeldingsmaatstaf gelijk blijft. (bv, 50 en 100 mm op 1 en 2 m afstand)



Het resultaat is dat bij beide berekeningen de scherpte diepte gelijk is, dus conclusie:

Bij gelijke afbeeldingsmaatstaf en zelfde diafragma is de scherptediepte gelijk

De tekeningen hiernaast laten dit zien en wel met een 50 en 100 mm brandpunt afstand en een voorwerp afstand van 100 en 200 mm

Dus gelijke afbeeldingsmaatstaf.

Scherpstellen op 1 dus 2 geeft een verstrooiingschijfje en zie die zijn gelijk dus Dezelfde “scherpte”.

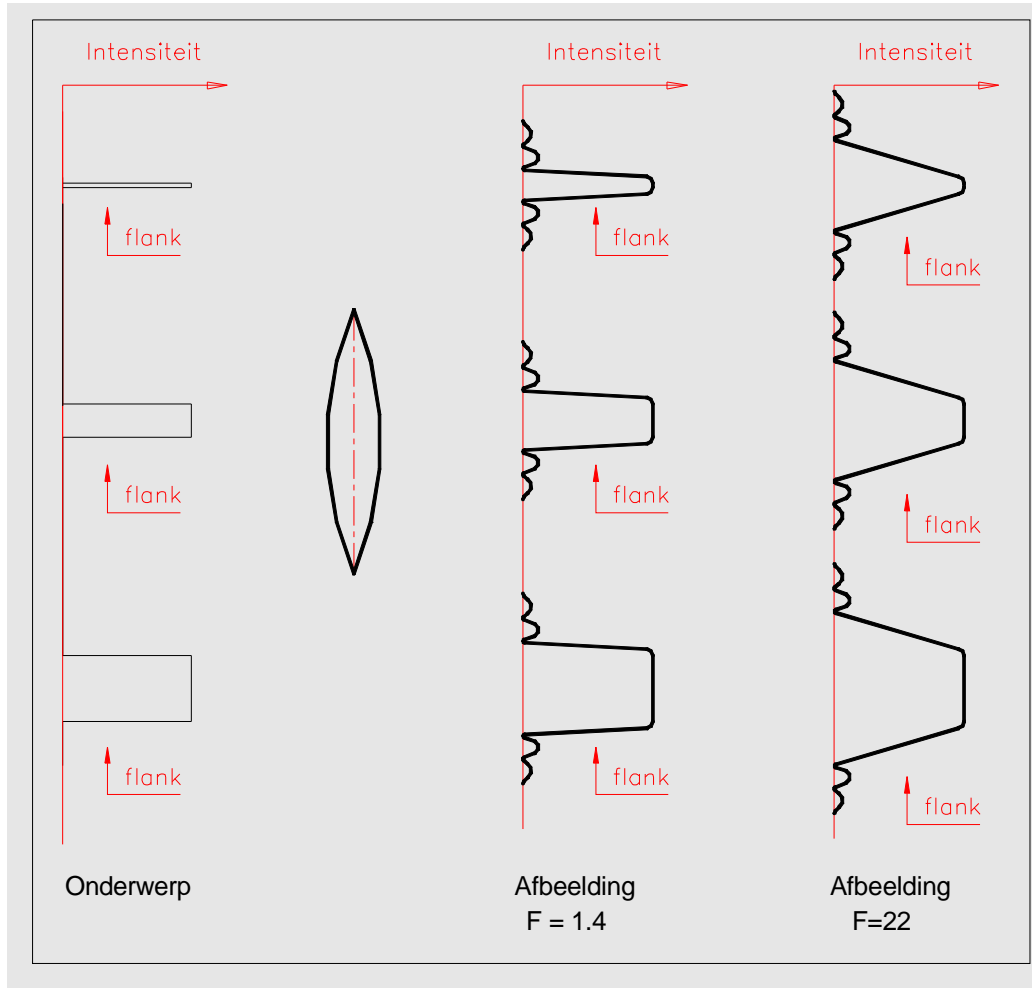
Deze benadering is meer praktisch gericht daar we meestal uitgaan van wat we op het beeld willen zien en dan daar de lens en standpunt voor bepalen.

(opmerking: bij scherpstel afstanden nabij de hyperfocale afstand gaat dit niet meer helemaal op, het brandpuntsafstand gaat dan meespelen)

EEN AANVULLING TE VERDUIDELIJKING

Het gehele verhaal tot nu toe gaat over schijfjes en punt lichtbronnen en nu zullen er mensen zijn die zeggen die fotografeer ik nooit dus wat betekent het voor mij. Wel dat misschien zo maar wat je wel veel fotografeert zijn “halve” punt lichtbronnen.

De schets zal het duidelijk maken dat een scherpe overgang van licht naar donker hetzelfde effect geeft als een punt lichtbron en die overgangen komen we heel veel tegen.



Als onderwerp zijn 3 lichtbronnen getekend, en wel een punt lichtbron en 2 (veel) bredere lichtbronnen. De punt lichtbron geeft bij afbeelden door de lens een Airy schijfje dat afhankelijk is van het diafragma.

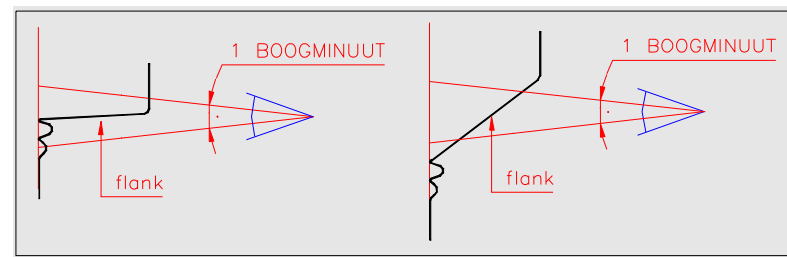
Nu de grote lichtbronnen, wat doen die?

De punt lichtbron bestaat uit 2 flanken, een opgaande en een neergaande (donker-licht en licht-donker) Deze liggen vlak bij elkaar en geven de twee flanken van het Airy schijfje.

Maar dat geldt ook voor de grote lichtbronnen, ook 2 flanken en bij de afbeelding 2 halve Airy schijfjes echter nu van elkaar gescheiden.

De rechte flanken van een lichtbron (of scherpe overgang van licht naar donker) worden door het afbeelden omgezet naar een verloop volgens het (halve) Airy schijfje.

En dan komt weer het oog kijken.



Linker flank zien we niet dus scherp, rechts zien we flank wel dus onscherp.

Conclusie deze situaties komen we allemaal veel tegen en er geldt dus hetzelfde als bovenstaande met de schijfjes.

SAMENVATTING

Hoe nu gebruik te maken van bovenstaande in de praktijk.. Aller eerst is het overdreven om continu de formules toe te passen omdat we gezien hebben dat er zo wie zo heel veel aannames in zitten en die hoeven niet van toepassing te zijn. Toch is er wel een bruikbare werkwijze uit te filteren.

1). Scherpste diepte neemt toe met diafragmeren,

Kleinere opening geeft meer scherpste diepte met als straf diffractie, een afname van de totale scherpste.

Je kunt stellen dat een scherpe afbeelding, door vergroten scherptediepte, met helaas een mindere totale scherpste (zichtbaar als “zacht” beeld), beter is dan een onscherpe afbeelding. In post processing is hier nog veel aan te doen in tegenstelling tot onscherpte.

In de praktijk zal diafragmeren tot 8-11 nog geen storende diffractie geven. (tevens afhankelijk van de pixel grootte).

2). Ga uit van de afbeelding maatstaf, bij gelijke afbeelding maatstaf gelijke scherpste diepte (uiteraard bij gelijk diafragma)

In de praktijk zul je eerst je compositie bepalen en de daarbij automatisch behorende afbeelding maatstaf. Bv. als je portretten maakt zul je altijd ongeveer de zelfde afbeelding maatstaf hebben ongeacht afstand of lens. Ook bij macro ga je meestal uit van een gewenste afbeelding maatstaf.

Let wel op, bij gebruik van verschillende lenzen en voorwerp afstanden kan je afbeelding maatstaf dan wel gelijk blijven maar je perspectief veranderd wel (let ook op invloed brandpuntsafstand bij hyperfocale afstand)

3). Bepaal, als het kritisch is, met de juiste aannames, de scherpste diepte

Gebruik een tabel, of de schaal op je objectief (indien aanwezig) om de scherptediepte te bepalen en kijk of het een standaard “geval” is.

Kijk of je al iets kan zeggen over het gewenste eind resultaat betreffende vergroting en/of kijk afstand.

4). Maak gebruik van de controle mogelijkheden

En wel gebruik de mogelijkheid om door je zoeker te kijken terwijl je het diafragma sluit (indien aanwezig en moeilijk te zien bij kleine diafragma's) of gebruik je display (let op wel 5-10 x vergroten, scheidend vermogen van de displays is te klein om bij 1x de scherpste te beoordelen)

5). Vergroting en de kijk afstand (eind product) zijn zowel van invloed op de scherpste diepte als de totale scherpste.

Door de “kleine” afmetingen van de sensoren zullen we altijd vergroten en daarbij de scherpste verminderen. De formules gaan uit van een standaard situatie (voor zover die bestaat) maar weet je van te voren al dat er een afwijking is dan kun je er al rekening mee houden.

Met bovenstaande vuistregels kun je aardig inschatten wat te verwachten, nu nog bepalen hoe we de scherpste diepte kunnen vergroten.

VERBETEREN

Hoe kunnen we de scherpte, en scherptediepte verbeteren, en wat zijn de mogelijkheden.

De gebruikte lens

We hebben gezien dat het Airy schijfje (en dus ook de daarbij behorende buigingsschijfjes) een theoretisch minimum hebben en dat er in de formule geen rekening wordt gehouden met lens fouten (chromatisch en sferische abberatie, etc). Het resultaat zal dus in de praktijk altijd slechter zijn, afhankelijk van de kwaliteit van het objectief.

Sommige lens fouten nemen af bij diafragmeren echter diffractie neemt dan toe. Betere objectieven zullen dus scherpere resultaten geven omdat ze bruikbaar zijn bij grotere openingen (kleinere schijfjes, toch minder lens fouten) met als resultaat scherpere beelden maar minder scherpte diepte.

Minder vergroten 1

Iedere vergroting levert een afname van de scherpte en scherpte diepte op daar we onscherpte van de projectie op de sensor gaan vergroten en dat gaan we bij een bepaalde vergroting zien.

Meer pixels op de sensor heeft theoretisch geen invloed daar de projectie van de schijfjes op de sensor niet veranderd en dus bij vergroting het schijfje gewoon groter wordt ongeacht door hoeveel pixels dat schijfje wordt geregistreerd. (het maakt niet uit of je een schijfje registreert met 1 pixel, de ondergrens, of met $4 \times 4 = 16$, het blijft het kleinst mogelijke schijfje zonder verdere details hierin)

Grotere sensoren hebben wel een invloed want die worden voor het zelfde eindresultaat minder vergroot, dus ook de schijfjes minder vergroot.

Nu is het wel zo dat op grotere sensoren de afbeelding maatstaf groter is, dus kleinere scherptediepte. Om dit te compenseren wordt bij grotere sensoren meer gediafragmeerd (eind resultaat na vergroting, geen verbetering van diffractie, wel meer scherpte diepte, zie bijlage met voorbeeld)

Nu is de keuze van grotere sensoren na 24×36 uiterst beperkt en zeker zeer prijzig.

Minder vergroten 2

Er is wel een andere methode om (virtueel) de sensor te vergroten en wel multishot, het aan elkaar plakken van meerdere opnamen.

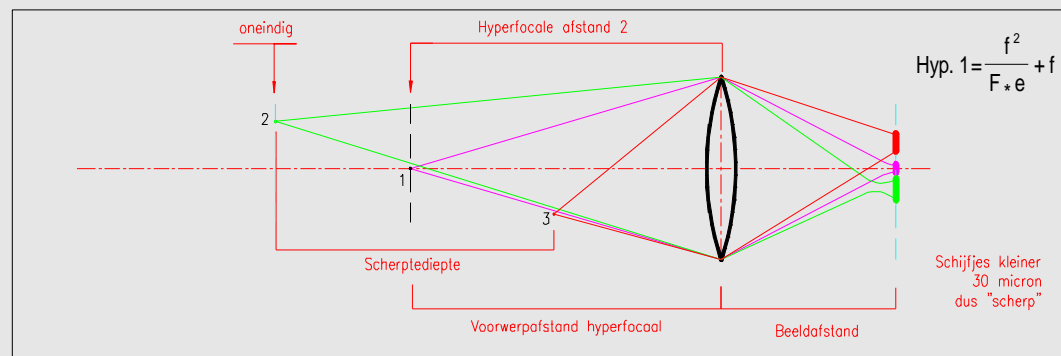
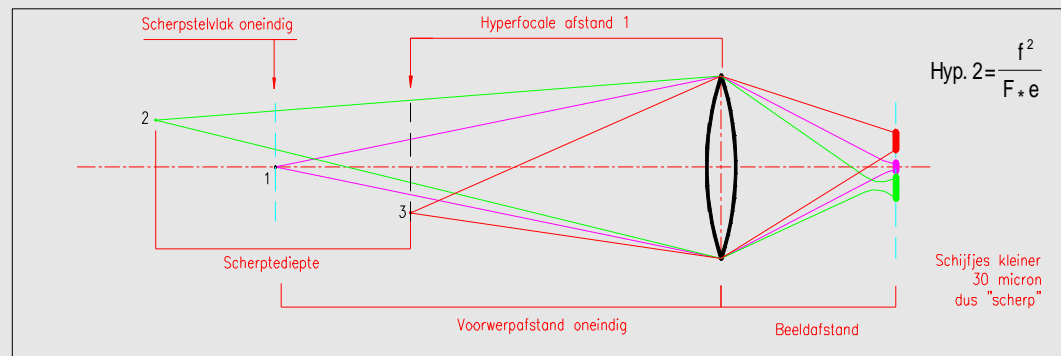
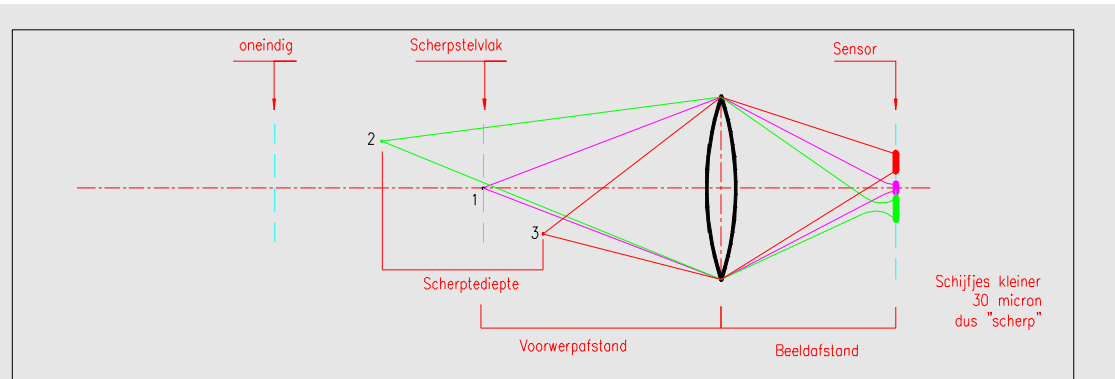
Dit is wel arbeid intensief en heeft ook zo zijn beperkingen maar de verkrijgbare grootte is onbeperkt, bestanden van 1000 megapixel zijn geen uitzonderingen.

Focusstacking

Ook dit is een multishot techniek waarbij meerdere opnamen met verschillende instel punten zo worden opgeteld dat alleen de scherpe delen uit de opnamen gecombineerd worden. Op deze manier is een vrijwel onbeperkte scherptediepte te krijgen (uiteraard ook hier beperkingen door de gebruikte techniek). Vooral de combinatie van aan elkaar plakken en stapelen geeft zeer uitgebreide mogelijkheden.

HET BEGRIP HYPERFOCALE AFSTAND

In de fotografie is de hyperfocale afstand die afstand ten opzichte van het toestel waarachter alle onderwerpen een aanvaardbare scherp vertonen, dus buigingschijfjes onder de 30 micron. Er zijn 2 definitie die gebruikt worden, echter met slechts een klein verschil.



Wat doen we hier nu mee?

Dit is het uitgangspunt, we stellen ergens op scherp en aan de hand van wat we aanvaardbaar vinden hebben we een bepaalde scherpte diepte

Wat als we nu een zo groot mogelijke scherptediepte willen? (bv. bij landschap vanaf een bepaalde afstand tot oneindig)

Zo als gezegd, 2 definitie waarvan dit de eerste is, we stellen hier scherp op oneindig.

We zien dat vanaf een bepaald punt (hyperfocale afstand 1) alles (aanvaardbaar) scherp is tot oneindig.

We zien echter ook dat een gedeelte van de scherptediepte lijkt te liggen "achter" oneindig, we gooien wat scherptediepte weg.

Als we nu wat dichterbij scherpstellen dan "schuift" de scherpte diepte mee en bij een bepaalde afstand valt de scherptediepte precies van oneindig tot een bepaald punt, het maximum.

Dit maximum krijgen we als we scherpstellen op hyperfocale afstand 2.

Het maximum is dan hyperfocale afstand/2 tot oneindig

Deze definitie komen we meestal tegen als er over de hyperfocale afstand wordt gesproken

(uiteraard nog steeds aanvaardbare scherpte)

DE PRAKTIJK

De berekening

We zien dat er 2 definities zijn, die principieel verschillen, echter uit de formules blijkt dat de berekende hyperfocale afstand voor beide gevallen vrijwel gelijk is.

Deze (vereenvoudigde) formule wordt over het algemeen gebruikt, waarbij

$$\text{Hyp.} = \frac{f^2}{F * e}$$

Hyp. = hyperfocale afstand
f = brandpuntsafstand lens
F = diafragma
e = diameter aanvaardbaar verstrooiingsschijfje

$$\text{Hyp.} = \frac{50^2}{16 * 0.03} = 5208 \text{ mm.}$$

Voorbeeld 50mm lens met F=16

(uitgebreide formule geeft 5258 mm
dus verwaarloosbaar verschil)

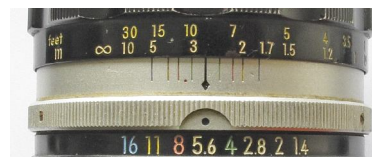
Het resultaat bij scherpstellen op de hyperfocale afstand is een scherptediepte van hyperfocale afstand/2 tot oneindig.

HET INSTELLEN

Het blijkt al snel dat het moeilijk is om de berekende afstand op het objectief in te stellen daar de afstand schaal van objectieven meestal vrij grof is.

De, in het voorbeeld, berekende 5,208 m staat niet op de schaalverdeling en moet dus min of meer gegokt worden. Sommige (vooral oudere) objectieven hebben een scherptediepte schaal waarop de scherpte diepte af te lezen is.

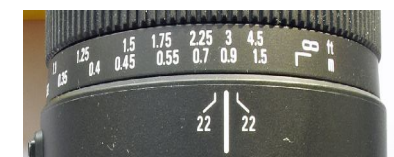
De voorbeelden hier tonen dat dit soms moeilijk in te schatten is



Nikor 1.4-50



Nikor 4-105



Sigma 2.8-70

Dit maakt het in de praktijk soms moeilijk om optimaal gebruik te maken van deze instelling, er bestaat het gevaar dat bv. oneindig net niet in de scherptediepte valt.

Daarom wordt wel gebruik gemaakt van instellen op oneindig en dan een “tikkie” terug, afhankelijk van de brandpuntsafstand. De voorbeelden tonen dat bij bv. de 50 mm makkelijk een stuk kan worden terug gedraaid terwijl dit bij de 105 mm al veel minder is.

Let wel, scherpstellen op de hyperfocale afstand heeft als resultaat dat oneindig op de grens ligt van wat aanvaardbaar is. (30 micron schijfje). Opnamen van bv. landschappen, zonder veel (belangrijke) voorgrond, kunnen beter op oneindig worden ingesteld daar dit een betere scherpte geeft (oneindig nu midden scherptediepte, kleiner schijfje)

VERHOUDING VOOR/ACHTER SCHERPTEDIEPTE

We hebben gezien dat als we op een bepaalde afstand scherpstellen er een deel van de scherptediepte voor het instelpunt ligt en een gedeelte er achter. Stellen we scherp op de hyperfocale afstand dan is de scherptediepte verdeeld als $\frac{1}{2}$ hyp. – hyp – oneindig .

Begin scherpte	Instelafstand	Einde scherpte
H	∞	∞
$\frac{1}{2}H$	H	∞
$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$	H
$\frac{1}{4}H$	$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$
$\frac{1}{5}H$	$\frac{1}{4}H$	$\frac{1}{3}H$
enz.	enz.	enz.

Stellen we dichterbij scherp dan verandert deze verhouding en wel volgens een vaste reeks.

Duidelijk is dat de verhouding verandert met de instel afstand en dat er geen vaste verhouding is

Hoe dichterbij hoe meer ze naar elkaar toe kruipen.

Voorbeeld Macro 1:1 50 mm lens op 100 mm.

Begin scherpte	Instelafstand	Einde scherpte
$\frac{1}{53}H$	$\frac{1}{52}H$	$\frac{1}{51}H$
98,26	100	102.12
	1,74	2.12

Voorbeeld bij 1:1 afbeelding met 50mm, $F=16$

Verhouding voor/achter, $H=Hyp$.

Op het internet zijn wel programma's te vinden om de scherptediepte en hyperfocale afstand te berekenen, bv. <http://www.dofmaster.com/dofjs.html>
 Let wel op wat voor verstrooiingschijfje ze toepassen, iets wat ook geldt voor tabellen, bv. deze tabel van de Nikor F4/105 mm macro lens.

DEPTH-OF-FIELD TABLES

Focused distance	Depth of field (m)							Reproduction ratio
	4	5	8	11	16	22	32	
0.47	0.469–0.471	0.469–0.471	0.468–0.472	0.468–0.472	0.467–0.473	0.466–0.474	0.464–0.477	1/1.98
0.50	0.499–0.501	0.499–0.501	0.498–0.502	0.497–0.503	0.496–0.504	0.494–0.506	0.492–0.509	1/2.35
0.55	0.549–0.552	0.548–0.552	0.547–0.553	0.546–0.554	0.544–0.556	0.542–0.559	0.538–0.563	1/2.90
0.6	0.598–0.602	0.597–0.603	0.596–0.604	0.595–0.606	0.592–0.608	0.589–0.612	0.584–0.617	1/3.43
0.7	0.697–0.703	0.696–0.704	0.694–0.707	0.691–0.709	0.687–0.713	0.683–0.719	0.675–0.727	1/4.45
0.8	0.795–0.805	0.794–0.806	0.791–0.810	0.787–0.813	0.782–0.819	0.775–0.827	0.765–0.840	1/5.45
1	0.992–1.01	0.990–1.01	0.984–1.02	0.978–1.02	0.968–1.03	0.957–1.05	0.939–1.07	1/7.40
1.2	1.19–1.21	1.18–1.22	1.17–1.23	1.17–1.24	1.15–1.25	1.13–1.28	1.11–1.31	1/9.33
1.5	1.48–1.52	1.47–1.53	1.46–1.54	1.44–1.56	1.42–1.59	1.39–1.63	1.35–1.70	1/12.2
2	1.96–2.04	1.95–2.05	1.92–2.09	1.89–2.12	1.85–2.18	1.80–2.26	1.72–2.40	1/17.0
3	2.91–3.10	2.88–3.13	2.82–3.21	2.76–3.30	2.66–3.45	2.55–3.66	2.39–4.08	1/26.5
7	6.48–7.62	6.36–7.79	6.03–8.36	5.73–9.02	5.30–10.4	4.87–12.7	4.28–20.6	1/64.7
∞	82.9– ∞	66.4– ∞	41.6– ∞	30.3– ∞	20.9– ∞	15.2– ∞	10.5– ∞	1/ ∞

Deze tabel uit de handleiding van deze lens gaat uit van een verstrooiingsschijfje van ongeveer 15 micron terwijl het toch een FX lens is en dan meestal 30 micron wordt gebruikt.

Hier zal het resultaat zijn minder scherpte diepte maar wel meer scherpte en dus meer toelaatbare vergroting.

Samenvattend, de hyperfocale afstand en de scherptediepte zijn, mits goed toegepast, zeer nuttige hulpmiddelen die vooraf al een duidelijk inzicht geven in wat het eindresultaat wordt.

Het geeft ook duidelijk aan wat de valkuilen en hindernissen zijn die je kunt tegenkomen.

BIJLAGEN

Tabel

Voorbeeld van een scherptediepte tabel, in creditcard formaat, voor verschillende brandpunten en diafragma's, met buigingsschijf van 30 micron.
(bruikbaar voor sensoren van 36 x 24 mm, met iets afgerond ewaarden)

afst	F 70/100/200														F 300/400/500																								
	4				5,6				8				11				16				4				5,6				8				11				16		
3	2,79	2,89	2,97	2,73	2,86	2,96	2,62	2,8	2,95	2,5	2,7	2,9	2,33	2,63	2,9	3	2,99	2,99	3	2,99	2,99	2,99	2,98	2,99	2,99	2,97	2,98	2,99	2,96	2,98	2,99								
	3,23	3,1	3,02	2,33	3,15	3,03	3,5	3,22	3,05	3,7	3,3	3	4,2	3,48	3,1		3,01	3	3	3,01	3,01	3	3,02	3,01	3	3,03	3,01	3,01	3,04	3,02	3,01								
5	4,46	4,72	4,93	4,28	4,62	4,9	4,03	4,47	4,86	3,7	4,3	4,8	3,37	4,09	4,73	5	4,97	4,98	4,99	4,95	4,97	4,98	4,94	4,97	4,98	4,92	4,95	4,97	4,88	4,93	4,96								
	5,68	5,31	5,07	6,01	5,44	5,1	6,59	5,67	5,15	7,5	5,9	5,2	9,67	6,53	5,3		5,03	5,02	5,01	5,04	5,02	5,01	5,06	5,03	5,02	5,08	5,04	5,03	5,12	5,07	5,04								
10	8,04	8,93	9,71	7,46	8,57	9,6	6,72	8,08	9,44	6	7,5	9,2	5,07	6,78	8,95	10	9,87	9,93	9,95	9,82	9,9	9,94	9,75	9,86	9,9	9,66	9,8	9,88	9,51	9,72	9,82								
	13,2	11,3	10,3	15,1	12	10,4	19,4	13,1	10,6	30,2	14,8	10,8	366	19	11,3		10,1	10,1	10,1	10,2	10,1	10,1	10,3	10,2	10,1	10,4	10,2	10,1	10,5	10,3	10,2								
20	13,4	16,1	18,9	11,9	15	18,5	10,1	13,5	17,8	8,5	12	17,1	6,77	10,2	16,2	20	19,5	19,7	19,8	19,3	19,6	19,7	19	19,4	19,6	18,7	19,2	19,5	18,1	18,9	19,3								
	39	26,2	21,2	63,1	30	21,8	836	38,2	22,6	∞	58,2	23,9	∞	445	26,2		20,5	20,3	20,2	20,7	20,4	20,3	21,1	20,6	20,3	21,5	20,8	20,5	22,3	21,2	20,8								
50	22,5	31,3	43,5	18,4	27,2	41,4	14,5	22,8	38,5	11,5	18,9	35,4	8,49	14,7	31,3	50	46,9	48,2	48,8	45,7	47,5	45,7	44,1	46,5	47,7	42,3	45,4	46,9	39,5	43,5	45,7								
	∞	124	58,7	∞	309	63,2	∞	∞	71,3	∞	∞	49,3	∞	∞	124		53,5	51,9	51,2	55,1	52,7	55,1	57,7	54	52,5	61,1	55,6	53,4	68	58,7	55,2								
100	29	45,5	77	22,6	37,3	70,5	17	29,4	62,5	12,9	23,3	54,8	9,27	17,3	45,5	100	88,3	93	95,4	84,3	90,5	93,7	79	87	91,3	73,2	83	88,4	65,3	77	84								
	∞	∞	142	∞	∞	172	∞	∞	249	∞	∞	566	∞	∞	∞		115	108	105	122	111	107	136	117	110	157	125	115	213	142	123								

Minder vergroten 2

Voor het samenstellen van opnamen (het stitchen) is het volgende gratis programma beschikbaar.

<http://research.microsoft.com/en-us/UM/redmond/groups/IVM/ICE/>

Focus stacking

Voor het samenstellen van scherpte dieptes (stacking) is ook software beschikbaar bv het gratis Combine ZP

<http://www.hadleyweb.pwp.blueyonder.co.uk/CZP/News.htm>

Literatuur

Photographic Multishot Techniques

Juergen Gulbin-Rainer Gulbin, uitgever Rockynook ISBN 978-933952-38-3

Zeer goed boek over o.a. HDR, Panorama en focusstacking

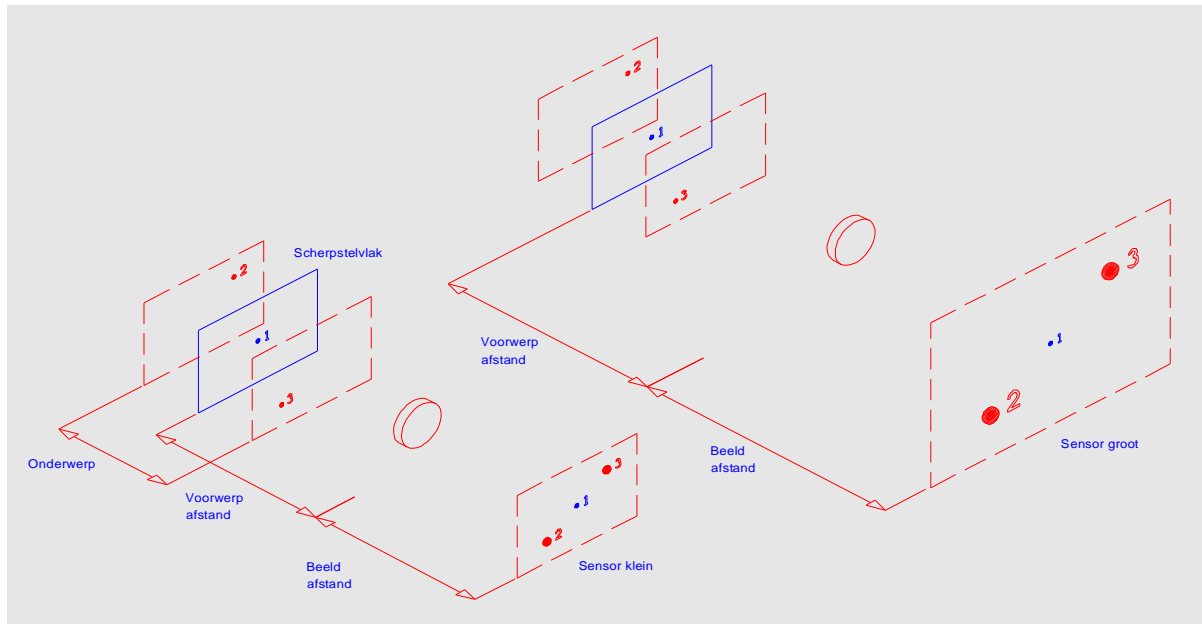
Gebruikte lens

Goede site over optica

<http://toothwalker.org/optics.html>

GROOT IS BETER !

De onderstaande tekeningen tonen aan dat grotere sensoren een beter eindresultaat geven en wel omdat er minder vergroot wordt.



Tekening toont een onderwerp met 3 punten die na scherpstellen op 1, afgebeeld worden op een sensor en wel 2x met verschillende sensor afmetingen:

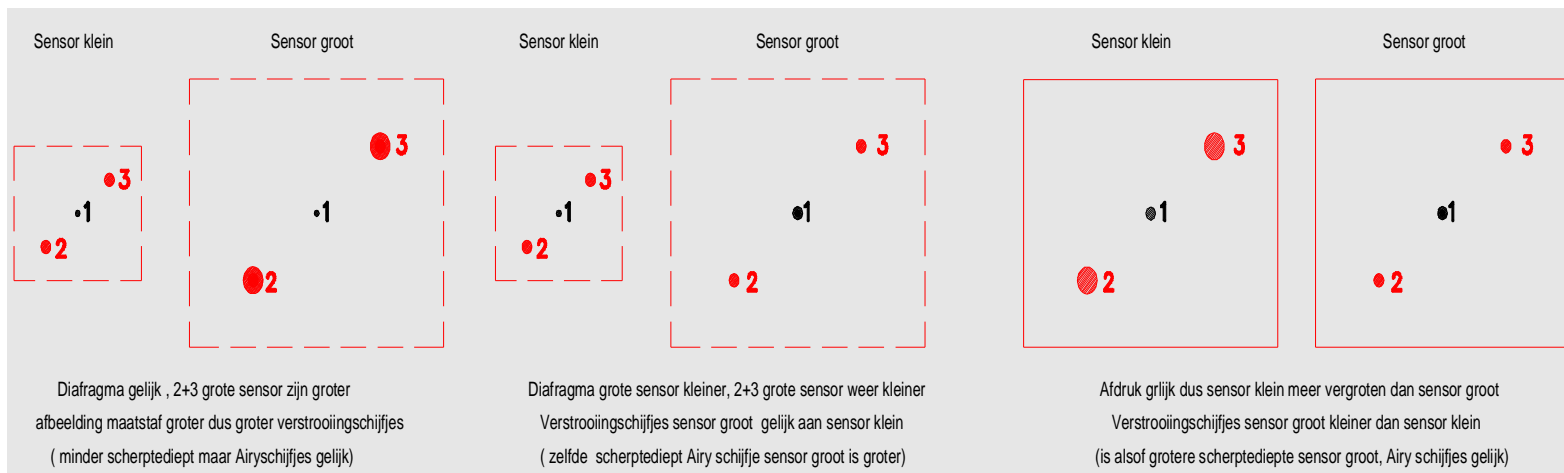
Klein geeft 1 als Airyschijfje en 2+3 als verstrooiingsschijfjes

Groot geeft 1 als zelfde Airyschijfje (zelfde diafragma) echter 2+3 zijn grotere verstrooiingsschijfjes (grotere afbeelding maatstaf dus minder scherptediepte dus grotere schijfjes)

Nu bij de grote sensor meer diafragmeren om zelfde scherpte diepte te krijgen als bij klein.

Groot nu groter Airyschijfje (1) maar 2+3 kleiner en nu gelijk aan 2=3 bij klein.

We hebben nu 2 afbeeldingen van hetzelfde onderwerp met gelijke scherpte diepte op sensoren met verschillende afmetingen.



Nu gaan we vergroten tot een gelijk eindresultaat (bv afdruk met zelfde afmetingen)

Er is duidelijk te zien dat door het vergroten de kleine sensor in het nadeel is.

Wel als “straf” een kleiner diafragma

Grotere sensoren (of samen gestelde opnamen) geven dus een scherper resultaat en op het eindresultaat meer scherptediepte wat we al zagen bij de toelaatbare verstrooiingsschijfjes in de formules.