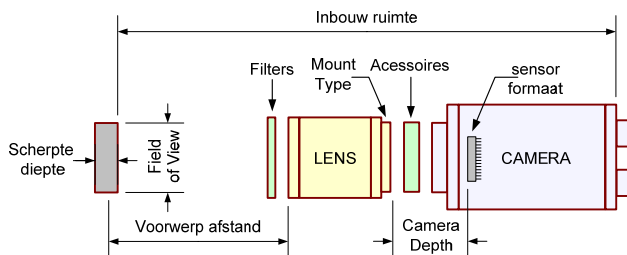


# 8 STAPPEN OM EEN LENS TE SELECTEREN

## I. INTRODUCTIE



Om een voorwerp af te beelden op de camerasensor is een lens nodig. Het voorwerp wordt vergroot of verkleind afgebeeld. Deze optische vergroting is het werk dat wordt uitgevoerd door de lens en gedefinieerd als de verhouding tussen sensorgrootte en Field Of View.

Deze hand-out geeft een 8 stappenplan om tot de juiste lenskeuze te komen door het bepalen van de gegevens:  
 - brandpuntsafstand, voorwerpsafstand, sensorformaat, field of view, camera mount, benodigd diafragma

## 2. FIELD OF VIEW

Het Field Of View (FOV) is het beeldveld van de camera. De afmetingen van het FOV worden bepaald door:

- Maximale afmetingen van het te bekijken object
- Positie variatie van het object (translatie en rotatie)
- Marge benodigd voor zoekgebieden software
- Aspect Ratio (breedte/hoogte verhouding) camera sensor.

Onderstaand is het field of view (blauw) afgebeeld, aangepast aan producttoleranties, sensor en marges.



$$\text{FOV} = \text{Maximum object grootte} + \text{Positie variatie} + \text{Marge software} + \text{Aanpassing aan aspect ratio of camera sensor}$$

## 3. SPATIELE RESOLUTIE

Hoeveel pixels  $Nf$  zijn nodig om een eigenschap van een object te meten? Hier volgen enkele vuistregels voor veel voorkomende analyses:

Analyse	$Nf$
OCR	20 * 30 / karakter
Blobanalyse	4 * 4 pixels
Enkelpuntsmeting	≥ 2 pixels / detail
Meerpuntsmeting	≥ 1 pixel / detail.

## 4. CAMERA RESOLUTIE

Voordat de camera kan worden geselecteerd moet het benodigd aantal pixels  $R_c$  bepaald worden. Deze kan als volgt worden berekend:

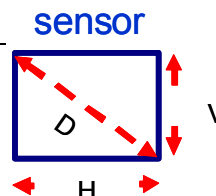
$$R_s = \frac{Sf}{Nf} \text{ [mm/pixel]} \quad R_c = \frac{FOV}{R_s} \text{ [pixel]}$$

Naam	Variabele	Eenheid
Cameraresolutie	$R_c$	Pixel
Spatieële resolutie	$R_s$	mm/pixel
Field Of View	FOV	mm
Grootte van kleinste detail	$Sf$	mm
Aantal pixels voor het afbeelden van kleinste detail	$Nf$	pixel

## 5. SENSORGROOTTE EN VERGROTING

Om de benodigde vergrotingsfactor van de lens te berekenen, moet de sensorgrootte worden bepaald. De onderstaande tabel bevat de dimensies van veel voorkomende C-mount sensorformaten.

Sensor Formaat	H [mm]	V [mm]	D [mm]
1/4 inch	3.6	2.4	4
1/3 inch	4.8	3.6	6
1/2 inch	6.4	4.8	8
2/3 inch	8.8	6.6	11
1 inch	12.8	9.6	16

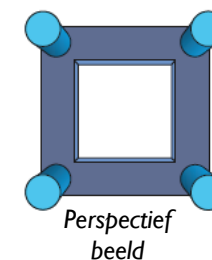


Hierna kan de vergrotingsfactor  $\beta'$  worden berekend:

$$\beta' = \frac{\text{sensor formaat (H)}}{\text{FOV (H)}} = \frac{\text{sensor formaat (V)}}{\text{FOV (V)}}$$

## 6A. LENS TYPE: STANDAARD LENS

Vergroting  $\beta'$  varieert met afstand tussen lens en voorwerp.  
 $\Rightarrow$  perspectieve vervorming



Toepassen bij:

- Metingen op plat object of vlak
- Vaste voorwerpsafstand
- Vergroting  $\beta'$  van  $1/\infty$  tot  $1/3 \times$

Kenmerken:

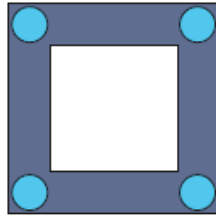
- Lichtgevoeligheid  $f/\#$
- Minimale voorwerpsafstand
- Brandpuntsafstand of focallength  $f$

$$f = \frac{\text{voorwerpsafstand} * \text{sensorformaat (H)}}{\text{FOV(H)}} \text{ [mm]}$$

**Benaderingsformule!**

## 6B. LENS TYPE: TELECENTRIC LENS

Vergroting  $\beta'$  is constant binnen gespecificeerde telecentrisch Bereik  $\Rightarrow$  Geen perspectieve vervorming



Telecentrisch beeld

Toepassen bij:

- Nauwkeurige metingen
- Bij objecten met diepte
- Vergroting  $\beta'$  van 1/10 tot 1/1x

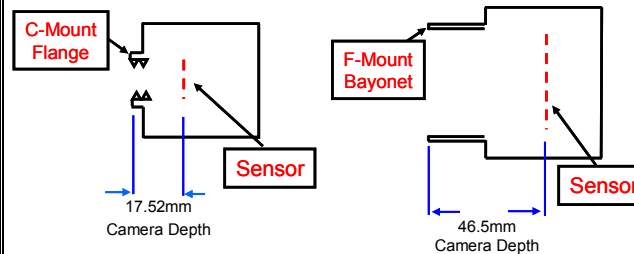
Kenmerken:

- Vast telecentrisch bereik
- Vast Field of View / vergroting
- Vaste scherpte diepte
- Veelal vaste N.A. / F/#
- Vaste werkafstand

## 7. MOUNT, SENSOR SIZE AND LENS DIAMETER

De lens-camera mount is de mechanische verbinding tussen lens en camera. De afmetingen en verbindingen zijn per camerafabrikant verschillend.

De meest gebruikte mounts zijn de C-, CS- en F-Mount. Het type mount bepaalt de maximaal bruikbare sensor grootte.



## 8. ACCESSORIES

Tussenringen

- Met tussenringen behaalt men kortere werkafstanden dan gespecificeerde minimum
- Resultaat: kleiner Field Of View
- Tussenringen plaatsen tussen camera en lens

Extender 1,5x – 2x

- Multiplier van brandpuntsafstand
- Kleinere FOV zonder werkafstand te wijzigen.
- Extender plaatsen tussen camera en lens

Adapters

- C-Mount Camera naar F-Mount lens
- Andersom kan niet

Filters

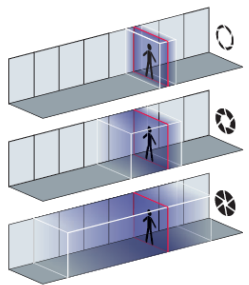
- Kleuren- of Polaroid filters vóór de lens

## APPENDIX A. SCHERPTE DIEPTE

Scherpte diepte of “depth of field” is het gebied waarin het voorwerp ‘scherp’ wordt afgebeeld.

Scherpte diepte is afhankelijk van:

- Pixel grootte
- Vergroting  $\beta'$
- Diafragma instelling f/#:



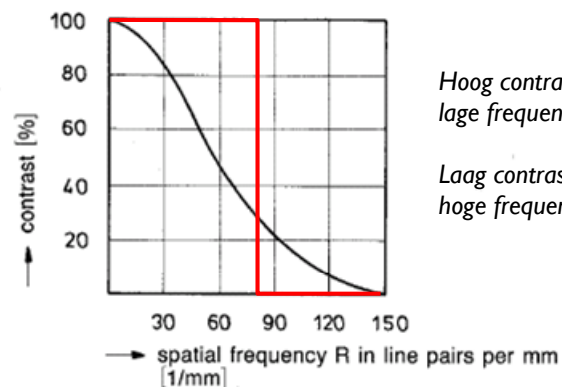
Diafragma open  
F/# laag  
 $\Rightarrow$  Scherpte diepte klein

Diafragma dicht  
F/# hoger  
 $\Rightarrow$  Scherpte diepte groter

Diafragma dicht  
F/# hoog  
 $\Rightarrow$  Scherpte diepte groot

## APPENDIX B. MTF

De mate waarin de lens in staat is om fijne patronen en kleine details, scherp en met hoog contrast kan reproduceren wordt opgegeven met de Modulation Transfer Function (MTF). Een MTF grafiek van een lens ziet er als volgt uit:



Hoog contrast bij lage frequenties.

Laag contrast bij hoge frequenties.

De pixelgrootte van de sensor bepaalt de minimum grootte van de details die de sensor kan onderscheiden. Deze grens wordt aangeduid als de Nyquist frequency  $R_N$  en wordt berekend met:

$$R_N = \frac{1}{2 * \text{pixelgrootte}} = \frac{1}{2 * 0,006} = 83,33 [lp/mm]$$

In de grafiek is deze  $R_N$  weergegeven door Rode lijn.

$\Rightarrow$  Patronen met een frequentie kleiner dan  $R_N$  kunnen afgebeeld worden

$\Rightarrow$  Daarboven kan de sensor dit niet meer oplossen en ontstaan artefacten

Derhalve worden de volgende eisen worden gesteld aan de combinatie lens en camera:

- $\frac{\text{objectfrequentie} [lp/mm]}{\text{vergroting } \beta'} \leq R_N$
- Lens contrast < 30% bij frequenties hoger dan  $R_N$

