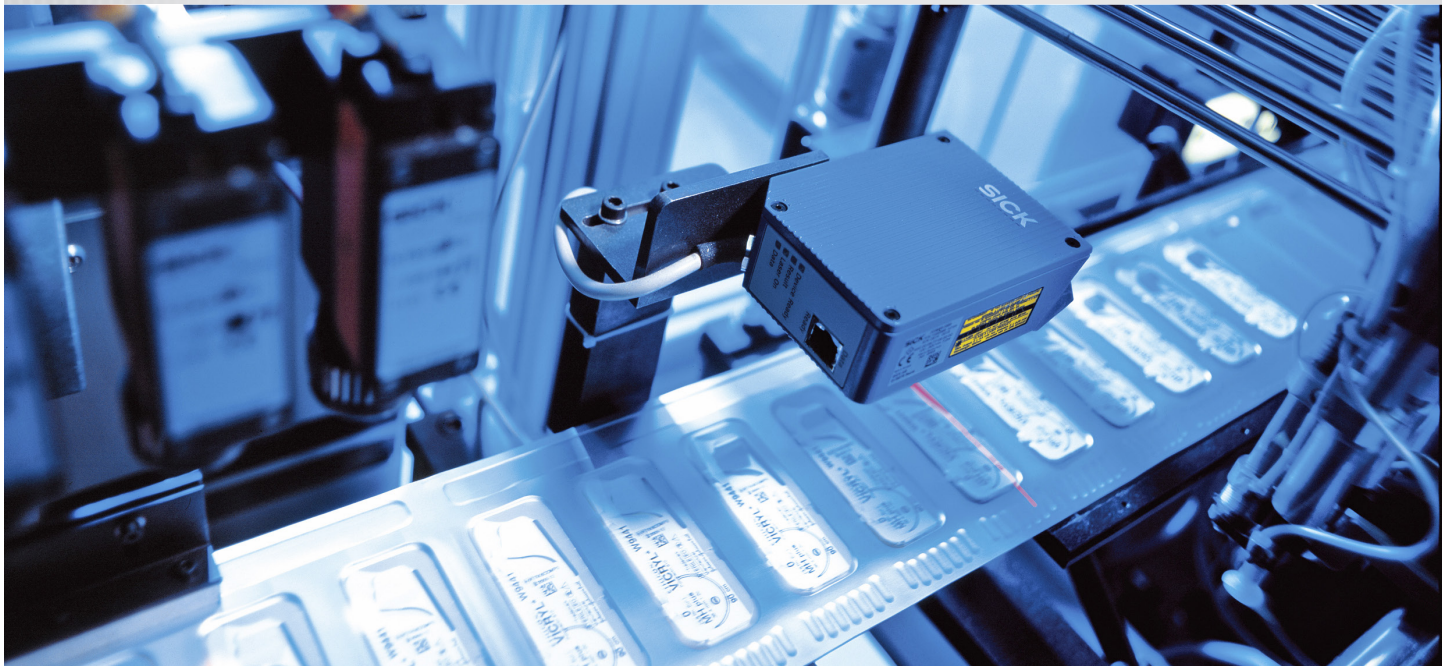
DEPTH OF FIELD (SCHERPTEDIEPTE) BIJ

BARCODESCANNERS EN CMOS/CCD-SCANNERS



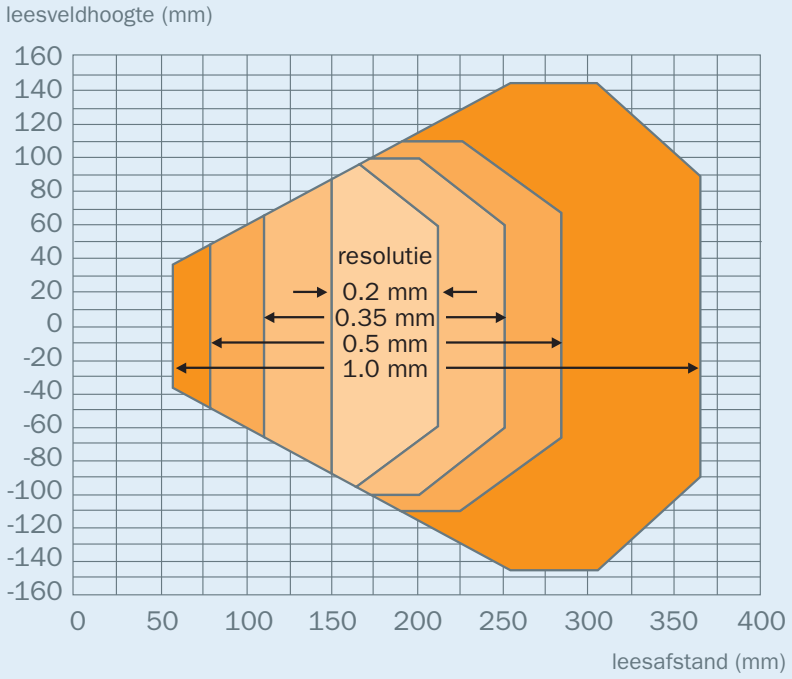
WAT IS DEPTH OF FIELD?

Depth of Field (DOF) – beter bekend als scherptediepte – verwijst naar het gebied van aanvaardbare scherpte dat zich uitstrekt van voor tot achter het object waarop is scherpgesteld. Voordeel van een grote scherptediepte is dat afwijkingen in de afstand tussen de lens en het object geen invloed hebben op de meting of inspectie. Behalve in de fotografie komen het fenomeen scherptediepte ook tegen in de industriële automatisering. Een voorbeeld hiervan is barcodescanning.

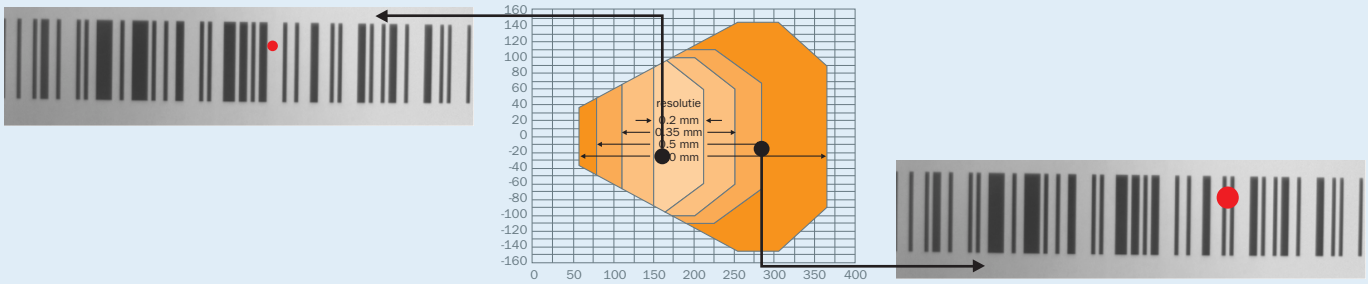
DEPTH OF FIELD BIJ SICK-BARCODESCANNERS

De CLV-barcodescanners van SICK hebben allemaal een leesgebied voor een bepaalde streepbreedte. Dit komt doordat de scanner gefocusseerd is op een bepaald gebied. Buiten dit gebied wordt de spot van de laser te groot om de zwart-witovergangen en de breedtes van de strepen nog betrouwbaar te bepalen. Des te groter de kleinste streepbreedte, des te beter deze aan de grenzen van het bereik nog te lezen is.

CLV620 BARCODESCANNER



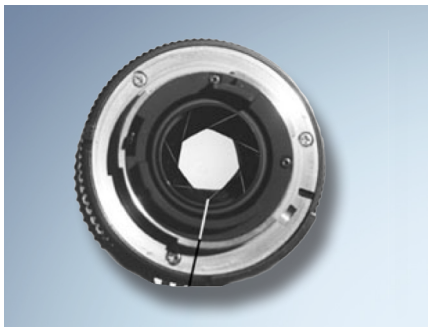
SICK
Sensor Intelligence.



Zie de afbeelding hierboven: de code met de kleine strepen is op grotere afstand dusdanig klein dat voor de laserspot de zwarte strepen overlopen in de witte. Hierdoor kan de scanner geen duidelijk beeld van de code maken. Voor de grote code lopen de strepen net zo veel uit, maar doordat deze vele malen breder zijn, is voor de scanner duidelijk zichtbaar of het een dunne of dikke streep betreft.

BARCODESCANNER VERSUS CMOS/CCD-SCANNER

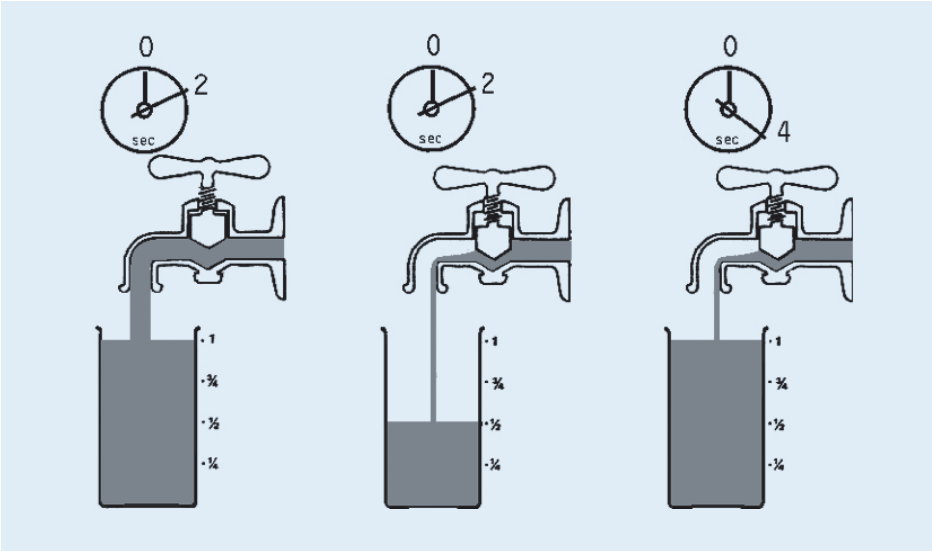
De focusafstand voor de hiervoor vermelde barcodescanner CLV620 bedraagt dus 175 mm en de Depth of Field is +/-25 mm voor 0.2 mm codes. Bij een barcodescanner (met uitzondering van de in focus verstelbare scanners, zoals de CLV450/CLV490 en de CLV650) is daar niets aan te doen. Voor een CMOS- of CCD-scanner waarbij een losse lens wordt gebruikt, wel. Dit komt omdat hier wordt gebruikgemaakt van het diafragma in de lens:



Diafragma bij een gemiddelde opening

HOE WERKT DIAFRAGMA?

Diafragma is te vergelijken met een waterkraan. In half open toestand duurt het vullen van een 10-literemmer bijvoorbeeld 10 seconden. Met de kraan volledig open is de emmer in 5 seconden vol.



Het diafragma bepaalt de hoeveelheid licht die op het CMOS- of CCD-element valt. Door een kleine opening is meer detail te zien. Hierin is een vergelijking te trekken met onze eigen ogen: als we iets kleins willen lezen, knijpen we ze ietwat dicht, waardoor de letters duidelijker leesbaar zijn. Een klein diafragma zorgt er dus voor dat de scherpte voor en achter het focuspunt groter wordt. Onderstaande afbeeldingen illustreren dit:

Grote opening

Gemiddelde opening

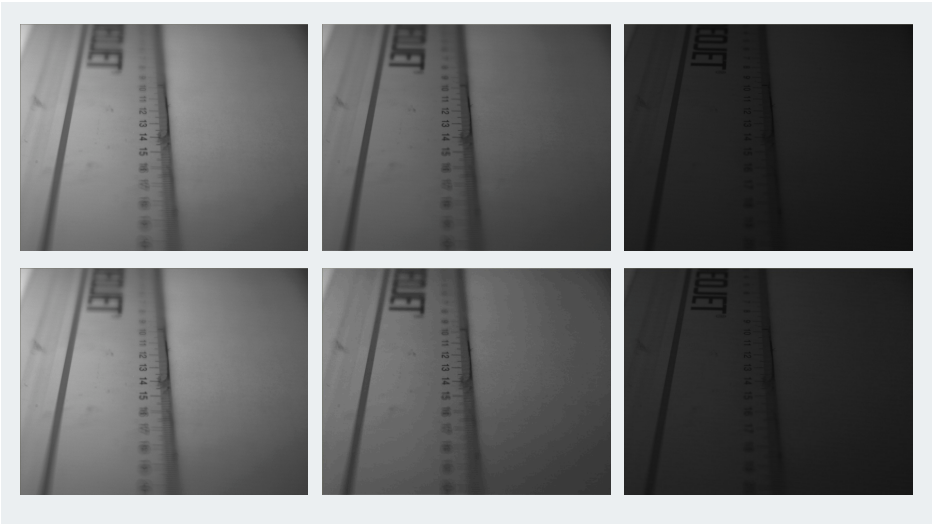
Kleine opening

SICK
Sensor Intelligence.

KLEINER DIAFRAGMA, LANGERE SLUITERTIJD

Het nadeel van een verkleind diafragma is dat er meer tijd nodig is om dezelfde hoeveelheid licht op het element te laten vallen. In de afbeeldingen onderaan op de vorige pagina is het diafragma dus verkleind, maar heeft het element meer tijd gehad om licht te ontvangen ter compensatie van het kleine diafragma.

Wordt het kleine diafragma niet gecompenseerd met een langere sluitertijd, dan wordt de afbeelding alleen maar donkerder. Rechts bovenaan op deze pagina drie afbeeldingen van een camera met exact dezelfde sluitertijd, maar een steeds kleiner wordend diafragma. De drie afbeeldingen daaronder zijn met software lichter gemaakt, zodat de scherptediepteverbetering beter zichtbaar is.



BEWEGINGSONSCHERPTE

In industriële toepassingen staat het object doorgaans niet stil. In de tijd die nodig is om genoeg licht op het element te laten vallen, beweegt het object gewoon door. Hoe kun je dan toch een scherp beeld krijgen?

Een voorbeeld:
We willen met een CCD-scanner (2D-camera*) een barcode lezen. De streepbreedte (x-dimensie) is 0,1 mm. Het pakket beweegt zich over de transportband met een snelheid van 20 mm per seconde over de transportband. Om de een of andere reden is er een sluitertijd van 5 milliseconden nodig om een helder beeld met een duidelijk zwart-witonderscheid te krijgen. Is dit mogelijk?

Nee, bij 20 mm per seconde verplaatst het pakket zich – in de 5 milliseconden die de camera nodig heeft om een duidelijk beeld te krijgen – net zoveel als de kleinste streepbreedte (0,1 mm). Hierdoor ontstaat ongeveer het volgende resultaat:

Voor deze applicatie moet het diafragma dus verder worden opengezet en de sluitertijd worden verkleind. Mogelijk kan dit niet in verband met het scherptediepteverschil dat nodig is, bijvoorbeeld omdat de dozen groter of kleiner van vorm zijn.

MEER LICHT

Voor de oplossing van dit euvel gaan we terug naar de kraan en het water. Wanneer we de druk van het water verhogen, kunnen we met een kleine kraanopening de 10-literemmer net zo snel vullen als met de kraan helemaal open. In parallel met de kraansituatie is er dus een derde variabele te benoemen: de hoeveelheid licht. De oplossing voor het barcodeprobleem is dan ook: meer licht ter compensatie van de kortere sluitertijd of het kleine diafragma.

HOE VERHOUDT DE SCHERPTEDIEPTE ZICH TOT DE SLUITERTIJD?

De verhouding van de scherptediepte is afhankelijk van de focusafstand. Hoe groter de afstand, hoe groter de scherptediepte. Het verschil tussen beide kan vrij groot zijn.

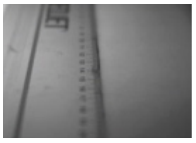
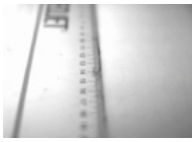
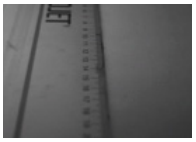
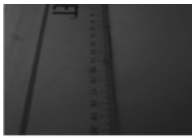
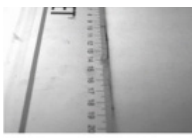
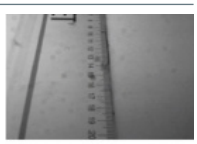
In de afbeelding hieronder en in het midden een voorbeeld van de scherptediepte op korte en lange afstand:

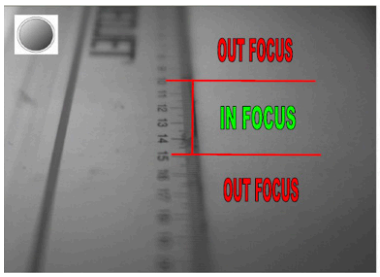
Beide afbeeldingen zijn buiten het focaal punt niet geheel scherp. De F-stopwaarde (irisgrootte) is voor beide afbeeldingen F=4. In de linkerafbeelding ligt het focuspunt op 4500 mm, terwijl in de rechterafbeelding het focuspunt op 125 mm ligt.

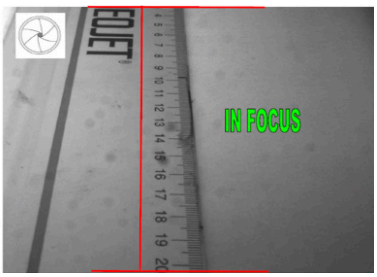
* Let op: deze 2D-camera is niet te vergelijken met het voorbeeld van de laserbarcodescanner op pagina 1, omdat dit geen camera is. Wat scherptediepte betreft zijn er overeenkomsten tussen camera en barcodelaserscanner, maar het werkingsprincipe is anders.

Het schema hieronder (met de afbeelding van de liniaal) geeft grafisch de verhoudingen tussen de F-stopwaarde en de sluitertijd weer. In alle afbeeldingen is gebruikgemaakt van dezelfde focuspositie en dezelfde hoeveelheid licht.

KLEINE AFSTANDEN

sluiter	**objectsnelheid**	**F=1.4**	**F=2**	**F=4**	**F=8**	**F=16**
245us	hoog					
493us	hoog					
992us	gemiddeld					
1998us	gemiddeld					
4915us	gemiddeld					
8103us	laag					
19930us	laag					





GROTE AFSTANDEN

sluitertijd: 4447us
F-stop: F1.2

sluitertijd: 18034us
F-stop: F4

sluitertijd: 488942us
F-stop: F16

HOE KAN DE SCHERPTEDIEPTE EXACT WORDEN BEREKEND?

Daar is moeilijk wat over te zeggen. Lenzen worden geslepen en zo kunnen afwijkingen ontstaan. Theoretisch is de scherptediepte wel te berekenen *(zie de formule van Wikipedia hieronder)*, alleen is een test vele malen sneller en nauwkeuriger.

FORMULE BEREKENING SCHERPTEDIEPTE (bron Wikipedia)

Als de hyperfocale afstand en diafragmawaarde bekend zijn, kan de scherptediepte met de volgende formules worden berekend:

$$A = \frac{H * v}{H + v} \quad \text{en} \quad B = \frac{H * v}{H - v}$$

Hierbij is *A* de afstand tussen objectief en het begin van de scherptediepte, en *B* de afstand van objectief tot einde scherptediepte. *H* is de hyperfocale afstand en *v* de instelafstand.

Voorbeeld:

een objectief met een brandpuntsafstand *f* van 135 mm, ingesteld op *v* = 5 m, het diafragmagetal *N* is 11, de verstrooiingscirkel *c* is 1/30 mm en bedoeld voor een kleinbeeldcamera.

H, de hyperfocale afstand, wordt berekend met: $H \approx \frac{f^2}{N * c}$

$$H = \frac{135 * 135}{11 * 0{,}033}\ \text{mm} = \frac{18225}{0{,}363}\ \text{mm} = 50206\ \text{mm}$$

$$A = \frac{5020{,}6 * 500}{5020{,}6 + 500}\ \text{cm} = \frac{2510300}{5520{,}6}\ \text{cm} = 454{,}7\ \text{cm}$$

$$B = \frac{5020{,}6 * 500}{5020{,}6 - 500}\ \text{cm} = \frac{2510300}{4520{,}6}\ \text{cm} = 555{,}3\ \text{cm}$$

SICK
Sensor Intelligence.

SICK B.V. · Leijenseweg 111 · Postbus 186 · 3720 AD Bilthoven · Tel. 030 - 204 40 00 · Fax 030 - 229 39 94 · E-mail info@sick.nl · www.sick.nl