

# MACHINE VISION NAVIGATOR

## Der Weg zur passenden Kamera STEP 1 – 6

### STEP 1 Aufgabenstellung

#### Vermessung

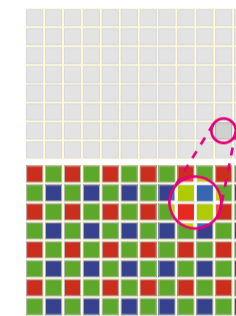
In der abgebildeten Aufgabe soll die Distanz D zwischen den Mittelpunkten der beiden Bohrungen mit einer Messgenauigkeit d ermittelt werden. Dafür sind die erforderlichen Sensor- und Kameraparameter zu bestimmen.

#### Aufgabenstellung Beispiel: Messen

Distanz (D) zwischen 2 Punkten mit einer Messgenauigkeit (d) von 0,05 mm.  
 Objektgröße  $O_{hor}$  = 48 mm (Monochromer Sensor, da Farbe im Beispiel nicht relevant)

#### Hintergrundwissen: Monochrom oder Farbe?

Farbsensoren besitzen ein Bayer-Farfilter, das für jedes Pixel nur eine Grundfarbe durchlässt. Die fehlenden Farben werden durch Interpolation aus den Nachbarpixeln ermittelt. Monochrome Sensoren sind etwa 2x lichtempfindlicher und sorgen bei gleicher Pixelzahl für eine schärfere Abbildung bzw. erfassen mehr Details. Daher sind monochrome Sensoren die Empfehlung, wenn keine Farbinformation benötigt wird.



### STEP 2 Informationsmenge

#### Minimale Pixelanzahl pro Objektdetail

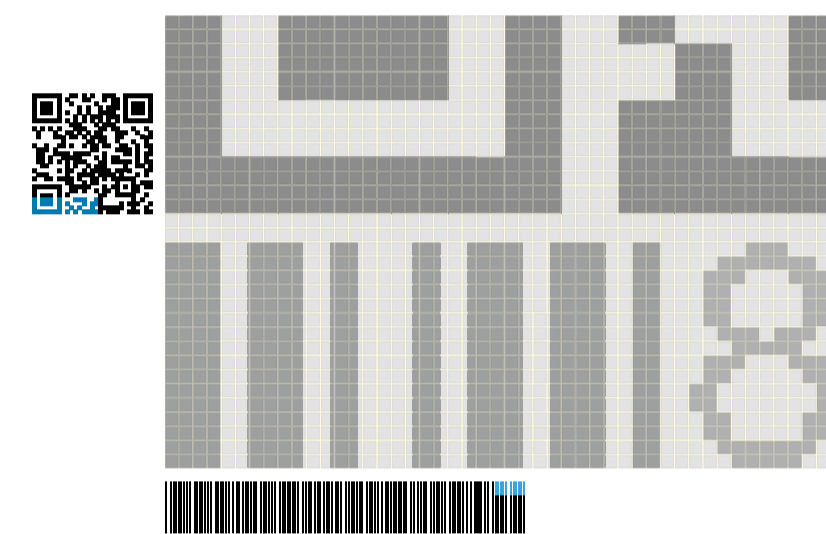
Objektdetail	Monochrom
Objektdetail-Vermessung/-Erkennung	3
Barcode Strichbreite	2
Datamatrix-Code Modulbreite	4
OCR-Zeichenhöhe	16

#### Benötigte Informationsmenge Beispiel:

Die Vermessung benötigt 3 Pixel für die notwendige Genauigkeit (Objektdetailgröße d). Als erforderliche Genauigkeit wird „d“ im Beispiel also 0,05 mm, in 3 Pixel abgebildet.

#### Hintergrundwissen: Mindestanzahl an Pixel

Zur Vermeidung von Informationsverlusten durch abtastbedingte Unschärfen ist immer eine Mindestanzahl an Pixel für einzelne Merkmale erforderlich.



### STEP 3 Sensorauflösung

#### Formel zur Berechnung der Sensorauflösung

$$S = \frac{N \times O}{d} = \frac{\text{Mindestanzahl Pixel pro Objektdetail} \times \text{Objektgröße}}{\text{Objektdetailgröße}}$$

Objektgröße Ausrichtung horizontal oder vertikal definieren.

#### Sensorauflösung in Pixel Beispiel:

$$S = \frac{3 \times 48 \text{ mm}}{0,05 \text{ mm}} = 2880 \text{ (Pixel)}$$

Verfügbare Sensor siehe Tabelle in [www.matrix-vision.com/kamera-selektor.html](http://www.matrix-vision.com/kamera-selektor.html): 3096 x 2080, 6,4 MPixel, 1/1,8", 7,4 x 5,0 mm

#### Hintergrundwissen: Sensorausrichtung im Hoch- oder Querformat?

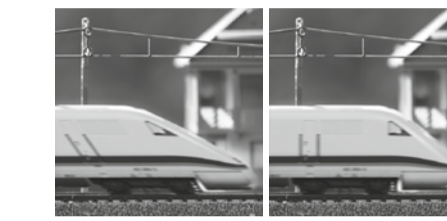
Für die Berechnungen muss jeweils festgelegt werden, welche Ausrichtung, horizontal oder vertikal, maßgebend ist.

Bez.	Dimension	Diagonale
1/3"	4,8 x 3,6 mm	6 mm
1/2,5"	5,8 x 4,3 mm	7,2 mm
1/2"	6,4 x 4,8 mm	8 mm
1/1,8"	7,4 x 5,0 mm	8,9 mm
2/3"	8,8 x 6,6 mm	11 mm
1/1,2"	11,3 x 7,1 mm	13,4 mm
1"	12,8 x 9,3 mm	15,8 mm
1,1"	14,2 x 10,4 mm	17,6 mm
4/3"	18,9 x 10,7 mm	21,7 mm
APS-C	22,3 x 16,7 mm	27,9 mm

### STEP 4 Shutter-Technologie

#### Global Shutter versus Rolling Shutter?

Rolling Shutter belichtet das Motiv Zeile für Zeile. Mit diesem Verfahren entsteht für jede erfasste Zeile ein Zeitversatz. Dadurch werden bewegte Objekte in deren durch die Bewegung erzeugten „Objekt-Zeitversatz“ im Gesamtmotiv (vergl. Abb. unten) verzerrt abgebildet. Um verzerrungsfreie Bilder zu erreichen, werden Global Shutter verwendet, die alle Pixel gleichzeitig belichten. Rolling Shutter Sensoren sind im Vergleich dafür meist lichtempfindlicher und preisgünstiger.



Rolling Shutter Global Shutter

### STEP 5 Schnittstellen und Kameraauswahl



Kameraserie	mvBlueCOUGAR-X (PoE)	mvBlueCOUGAR-X-POE-I	mvBlueCOUGAR-XD	mvBlueFOX-IGC	mvBlueFOX3-MLC
Schnittstelle	GigE	GigE mit M12	Dual-GigE	USB 2.0	USB 2.0
Entfernung zum Auswertungsrechner	max. 100 m	max. 100 m	max. 100 m	max. 5 m	max. 5 m
Bandbreite <sup>2)</sup> (netto)	120 MB/s	120 MB/s	240 MB/s	30 MB/s	30 MB/s



Kameraserie	mvBlueFOX3-1	mvBlueFOX3-2	mvBlueFOX3-4	mvBlueFOX3-3M	mvBlueFOX3-5M
Schnittstelle	USB 3.x	USB 3.x	USB 3.x	USB 3.x	USB 3.x
Entfernung zum Auswertungsrechner	max. 8 m... max. 50 m <sup>1)</sup>	max. 8 m... max. 50 m <sup>1)</sup>	max. 8 m... max. 50 m <sup>1)</sup>	max. 8 m... max. 50 m <sup>1)</sup>	max. 8 m... max. 50 m <sup>1)</sup>
Bandbreite <sup>2)</sup> (netto)	300 MB/s	300 MB/s	300 MB/s	300 MB/s	300 MB/s

<sup>1)</sup> max. 50 m mit aktiver optischer Verbindung  
<sup>2)</sup> Bandbreite = Auflösung x Frame-Rate x Bittiefe

[www.matrix-vision.com/kamera-selektor.html](http://www.matrix-vision.com/kamera-selektor.html)



**Glossar**  
 (in alphabetischer Reihenfolge)  
 D = Messgröße (Distanz) [mm]  
 d = Objektdetailgröße [mm]  
 f = Brennweite [mm]  
 l = Sensorgröße [mm]  
 N = minimale Pixelanzahl pro Objektdetail  
 n = zulässige Anzahl Unschärfepixel  
 O = Objektgröße [mm]  
 p = Pixelgröße [mm]  
 S = Auflösung des Sensors in Pixel  
 t = Belichtungszeit [s]  
 v = Geschwindigkeit [mm/s]  
 w = Objektband [mm]

## Der Weg zum passenden Objektiv STEP 7 – 9

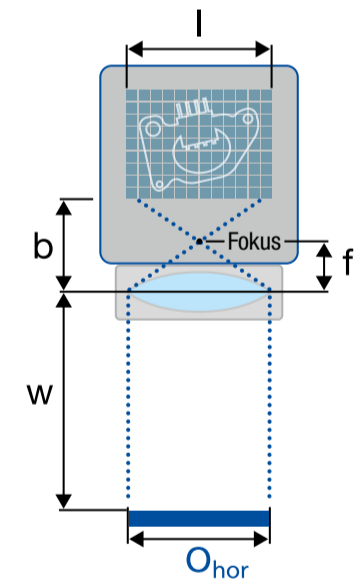
### STEP 7 Objektivbrennweite

#### Praktische Näherungsformel zur Berechnung der Brennweite:

$$f = \frac{w \times l}{(O + l)} = \frac{\text{Objektband} \times \text{Sensorgröße}}{(\text{Objektgröße} + \text{Sensorgröße})}$$

#### Objektiv-Brennweite Beispiel:

$$f = \frac{120 \text{ mm} \times 7,4 \text{ mm}}{(48 \text{ mm} + 7,4 \text{ mm})} = 16 \text{ mm}$$



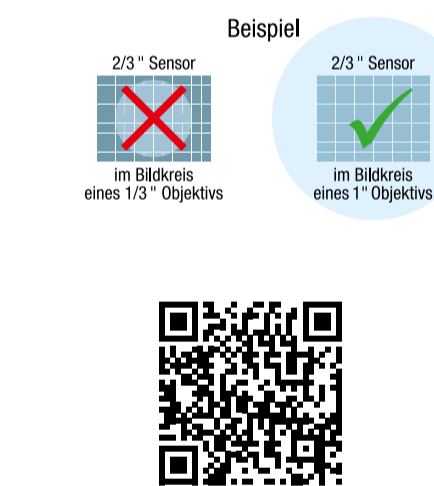
### STEP 8 Objektivanschluss

#### Sensoren

bis 1/2" bis 1" APS-C

#### Objektivanschluss

S-Mount (M12)  
 C-/CS-Mount  
 T-Mount (M42)  
 F-Mount (Bajonett)



[www.matrix-vision.com/objektiv-rechner.html](http://www.matrix-vision.com/objektiv-rechner.html)

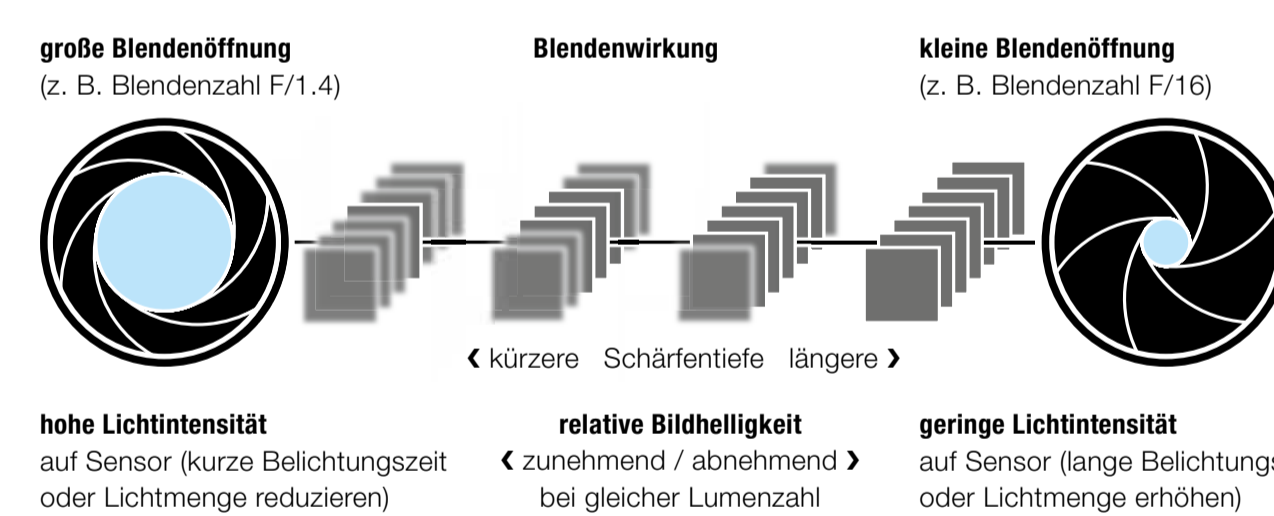
### STEP 9 Blendeneinstellung

#### Auswirkung der Blendeneinstellung

Die Blende beeinflusst die Helligkeit des Abbildes. Sie entscheidet allerdings auch über die Schärfentiefe und den Lichtbedarf bei der Bilderfassung (siehe Grafik links: „Blendenwirkung/Schärfentiefe“). Sehr kleine Blendenöffnungen sollten vermieden werden, da durch Beugungseffekte Unschärfen entstehen. Bei sehr weit geöffneter Blende hingegen ist die Schärfentiefe sehr gering.

#### Blendeneinstellung Beispiel: Messpunkte liegen auf einer Ebene.

Es ist eine geringe Schärfentiefe notwendig. Deshalb kann am Objektiv eine große Blendenöffnung eingestellt werden.



## Die passende Beleuchtung STEP 10 – 11

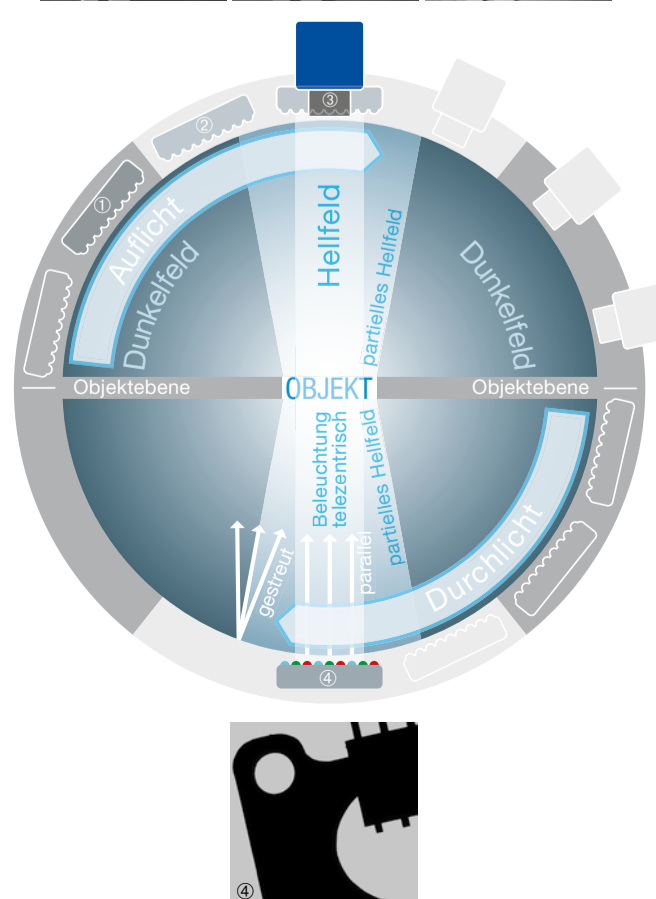
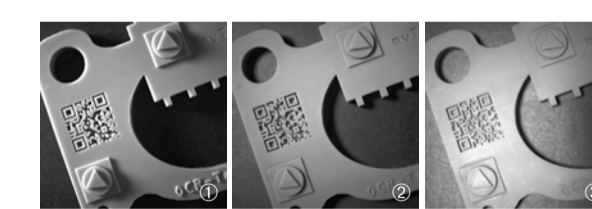
### STEP 10 Beleuchtungsart

#### Aufflicht oder Durchlicht?

Die Art der Beleuchtung und der Beleuchtungswinkel sind entscheidend dafür, ob die interessanten Merkmale im Bild sichtbar und auswertbar erscheinen. Grundsätzlich muss entschieden werden, ob es sinnvoll ist, aus der Richtung der Kamera zu beleuchten (Aufflicht) oder die Beleuchtung hinter dem Objekt anzubringen (Durchlicht). Beim Aufflicht lassen sich durch den Beleuchtungswinkel Konturen auf der Oberfläche hervorheben. Zur Vermeidung von Schattenbildungen bei hohen Objekten ist der Einsatz von telezentrischen Beleuchtungen und telezentrischen Objektiven sinnvoll.

#### Beleuchtung Beispiel: flaches Objekt – Messen der Distanz zweier Öffnungen

Beleuchtungswahl: Hellfeld-Beleuchtung Durchlicht.



### STEP 11 Belichtungsdauer

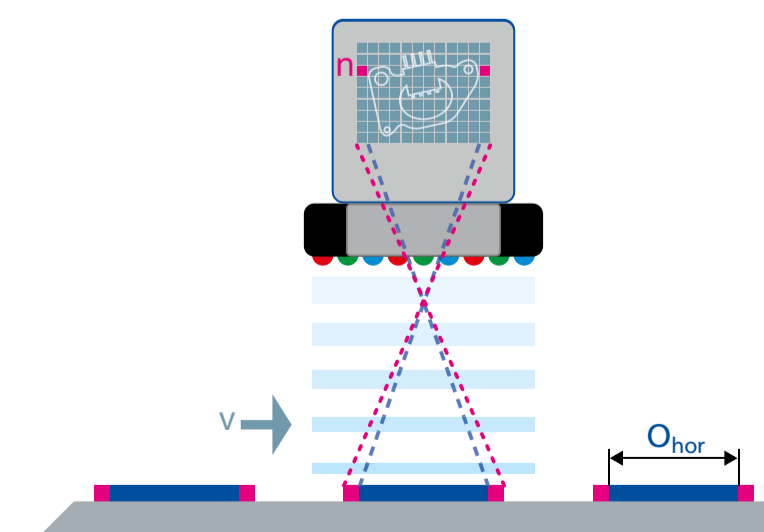
#### Formel zur Berechnung der Belichtungsdauer bei bewegten Objekten:

$$t = \frac{n \times p \times O}{l \times v} = \frac{\text{zulässige Anzahl Unschärfe-Pixel} \times \text{Pixel-unschärfe-Pixel} \times \text{Objektgröße}}{\text{Sensorgröße} \times \text{Geschwindigkeit}}$$

#### Belichtungsdauer Beispiel:

Zulässige Anzahl Unschärfe-Pixel = 3 (Vorgabe)  
 Pixelgröße p = 4,5 µm = 0,045 mm (aus Kamera-Datenblatt)  
 Objektgröße (horizontal) O = 48 mm  
 Sensorgröße (horizontal) l = 7,4 mm (aus Kamera-Datenblatt)  
 Geschwindigkeit v = 100 mm/s

$$t = \frac{3 \times 0,045 \text{ mm} \times 48 \text{ mm}}{7,4 \text{ mm} \times 100 \text{ mm/s}} = 0,0087 \text{ s} \approx 9 \text{ ms}$$



## ERGEBNIS STEP 1 – 11

### Übersicht Auswertung STEP 1 – 11

Kamera-Modell: \_\_\_\_\_

Objektivbrennweite: \_\_\_\_\_

Objektivanschluss:  S-Mount (M12)  C-/CS-Mount  
 T-Mount (M42)  F-Mount (Bajonett)

Beleuchtung:  Aufflicht  Durchlicht  
 Hellfeld  Dunkelfeld

Belichtungszeit: \_\_\_\_\_