

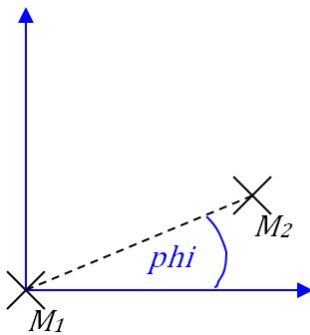
## FalCon MovXact – 2D-Bildanalyse Winkel-Genauigkeit FAQ

- *Wie genau kann ich mit Hilfe einer 2D-Bewegungsanalyse Winkel messen?*

**Beachten Sie die Einflussgrößen bei der Messung von 2D-Positionen (siehe FAQ).**

Bei automatisch gemessenen Standardmarken ist die erreichbare **Genauigkeit** (in den meisten Fällen) **besser als 0,2 Pixel**. Werden die Positionen manuell mit dem Cursor vermessen, ist die Genauigkeit eher geringer: im Analysebild (Originalgröße)  $\geq 1$  Pixel bzw. in der Lupe  $\geq 1/\text{Vergrößerungsfaktor}$  Pixel.

### A Theoretische Genauigkeit bei Winkeln zwischen zwei Marken:



*Worst-Case-Annahme:* Abweichungen bei Marke 1 und 2 jeweils senkrecht zu Verbindungsstrecke und gegenläufig, dann beträgt der

Winkelfehler  $\phi_{ie} \leq \arctan\left(\frac{2e}{d}\right)$

mit

Abstand zwischen Marken  $d = |M_1 M_2|$

Messfehler an Einzelmarke  $e$

Beispiel:

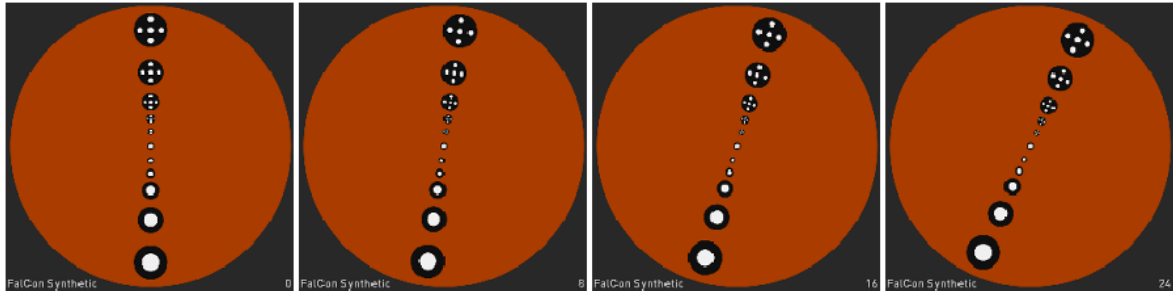
$d = 100 \text{ Pixel}$

$e = 0,2 \text{ Pixel}$

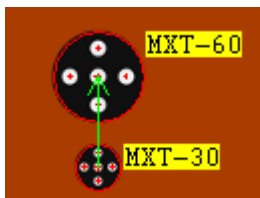
$\phi_{ie} \leq \arctan\left(\frac{2e}{d}\right) = 0,23^\circ$

## B Messgenauigkeit in Bildsequenz mit synthetischer Bewegung

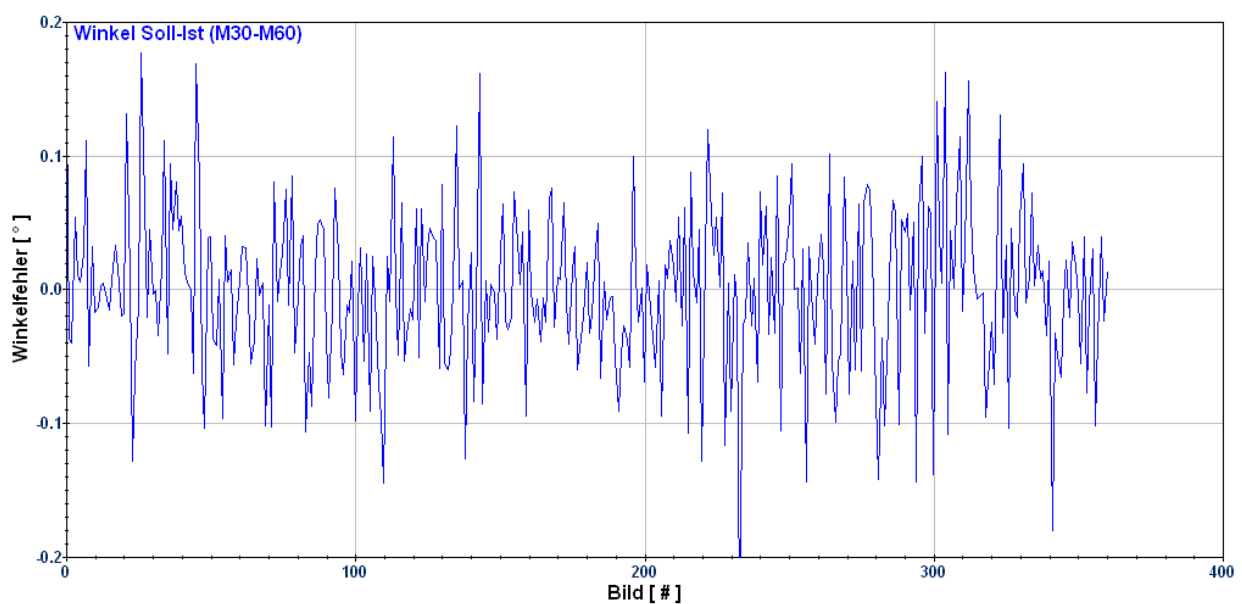
- Bildsequenz mit computergenerierten MXT- und DOT-Marken unterschiedlicher Größe
- Bewegung 1 Grad / Bild @ 361 Bilder



### B1 Winkel zwischen zwei MXT-Marken



- Markendurchmesser *30 Pixel und 60 Pixel*
- Abstand  *$d = 60 \text{ Pixel}$*
- Gemessene mittlere Abweichungen  $e$  von bekannten Sollpositionen:  
MXT-30 *0,036 Pixel*  
MXT-60 *0,072 Pixel*
- Theoretischer Winkelfehler:  
$$\phi_e \leq \arctan\left(\frac{0,108}{60}\right) = 0,1^\circ$$
- Gemessener Winkel als  $f(t)$ :



- Gemessener mittlerer Winkelfehler:  
$$\phi_e = 0,05^\circ$$
- Hinweis:  
Eine Komprimierung des Videos mit dem x264-Codec zeigt in diesem Experiment keinen Einfluss auf den mittleren Winkelfehler.

## **B2 Winkel einer MXT-Marke**

- Der Winkel gilt als interner Winkel des MXT-Markenmodells.
- Er ist unabhängig von Lage und Ausrichtung des Koordinatensystems.
- Da der absolute Winkel von der (eventuell willkürlichen) Anfangsdrehlage der 5-Punkt-Marke abhängt, ist eine Betrachtung relativ zum Startbild sinnvoll:  
$$\phi' = \phi - \phi(0)$$
- Gemessener mittlerer Winkelfehler:  
@ Marke MXT-30  $\phi_e = 0,28^\circ$   
@ Marke MXT-60  $\phi_e = 0,24^\circ$
- Hinweis:  
Die Winkelmessung basiert hier auf einer kürzeren Basis  $d$  und weist deshalb ein höheres Messrauschen auf. Verwenden Sie diese Messmethode demnach nur, wenn keine zweite Bezugsmarke verfügbar ist.