

## FalCon MovXact – 2D-Bildanalyse Genauigkeit FAQ

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

Folgende Punkte beeinflussen die erreichbare Genauigkeit:

### a) **Markenauswahl:**

**MXT-Marken** sind bestens bewährt für Crashtests ("crash proven"); sie sind extrem robust bezüglich Wechsel der Beleuchtung und geometrischen Veränderungen.

**DOT-Marken** können in Fällen mit geringem physikalischen Platz verwendet werden.

Die Marken sollen einen hohen Kontrast aufweisen und absolut matt sein.

### b) **Videoqualität:**

Die Bilder dürfen keine starken Artefakte durch Bildnachbearbeitung, z. B. Schärfungsfiler oder Videokompression aufweisen. (Siehe auch Einstellungen für empfohlenen Video-Codec **x264**.)

Das Rauschen an quasi statischen Messstellen sollte weit unterhalb der absoluten Messgenauigkeit sein.

### c) **Genauigkeit im Bild [Pixel]:**

Die Verfolgungsalgorithmen messen Punktkoordinaten in der Einheit Pixel.

Abhängig vom Markentyp und seiner Größe ist die erreichbare **Genauigkeit** (in den meisten Fällen) **besser als 0,2 Pixel**. Vergleichsstudien in ungestörter Umgebung weisen eine Genauigkeit sogar unter 0,1 Pixel auf.

### d) **Genauigkeit am Messobjekt [mm]:**

Die absolute Bildauflösung bezüglich Größe des Messvolumens bedingt die theoretisch erreichbare Messgenauigkeit im Objektraum in physikalischen Einheiten:

Bei gegebener Länge des Maßstabs in *mm* und seiner Länge im Bild in *Pixel* ergibt sich die Skalierung in *mm/Pixel*.

#### **Beispiel:**

Bei einem Bildfeld = 1500 mm und einer Bildweite = 600 Pixel ergibt sich ein Faktor 2,5 mm/Pixel. Mit der Annahme der Tracking-Genauigkeit von 0,2 Pixel erhält man eine **theoretische Objektgenauigkeit** von  $0,2 \text{ Pixel} \times 2,5 \text{ mm/Pixel} = \mathbf{0,4 \text{ mm}}$ .

### e) **Objektivgüte & Kamerakalibrierung:**

Verzeichnungsfehler führen zu nichtlinearen Fehlern, die sich vor allem in den äußeren Bildregionen negativ auswirken.

Der *Distortion Index* gemäß ISO/SAE ist ein einfacher Index für die Objektivgüte.

Der mittlere Fehler aller Punktmessungen während der Kamerakalibrierung gibt ein Maß für die optimal erreichbare Messgenauigkeit.

Die Verwendung von kalibrierten Kameras stellt außerdem sicher, dass der Hauptpunkt als Bezugspunkt für die Parallaxenkorrektur richtig verwendet wird.

**f) Genauigkeit der Tiefenwerte:**

Die Messung der Objektabstände muss parallel zur Kamera-Sichtachse also senkrecht zu einer "gedachten" Kamera- oder Maßstabebene erfolgen.

Ungenauigkeiten wirken sich bei kleinem Kameraabstand (= meist bei kurzer Brennweite) stärker aus; siehe Wichtung im Korrekturfaktor =  $(d_R + d_C) / d_C$

**g) Konstanz der Tiefenwerte = Einhaltung der Bewegungsebene:**

Abweichungen können nicht durch einen konstanten Korrekturfaktor korrigiert werden!

**h) Genauigkeit der orthogonalen Ausrichtung:**

Dadurch beeinflusste Fehler können kaum numerisch abgeschätzt werden. Sie nehmen mit zunehmendem Abstand von der Bildmitte zu.

Prüfung eines linearen Maßstabs, der das Bildfeld "durchfährt":  
Messen Sie die Länge des Maßstabs, der in einem Startbild definiert sei und vermessen/tracken Sie Beginn und Ende über die Bildfolge. Bleibt die Länge zeitlich konstant? Wie groß ist seine Standardabweichung? Fällt oder steigt die gemessene Länge quasi linear: Dies wäre ein Hinweis für einen Gierwinkelfehler?

Prüfung anhand eines horizontalen und vertikalen Prüfabstands:  
Unterschiede weisen auf einen Nickwinkelfehler hin.

**i) Synchronität der Zeitbasis, Bewegungsunschärfe etc.**

Beachte: Die Güte der Parallaxenkorrektur hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Kalibrierter Hauptpunkt der Kamera, der als optische Achse verwendet wird (siehe e).
- Richtige vorvermessene Tiefenwerte von Kamera zu Maßstab und zum Objekt (siehe f).
- Wirklich senkrechte Kameraausrichtung (siehe h).

Da die Bewertung obiger Punkte stark vom Einzelversuch abhängt, kann leider (außer der theoretischen Grenze, siehe Punkt d) **keine zahlenmäßige Aussage über die erreichbare Genauigkeit** abgeleitet werden.

Es gelten folgende **Empfehlungen**:

1. Bringen Sie in der Versuchsszene **Prüfabstände** an:

vertikal und horizontal sowie, wenn möglich, in unterschiedlichen Ebenen.  
Prüfung der Reproduzierbarkeit = Vergleich von Soll-Ist-Werten bei statischen und auch dynamischen Messungen.

2. Erstellen Sie mit Hilfe eines FalCon Tools einen **Prüfbericht** gemäß **ISO 8721** (2010):

Die Effizienz der optischen Messkette wird anhand von umfangreichen Kennzahlen und individuellen Benutzervorgaben an die zu erreichende Genauigkeit geprüft.

Auch wenn einige der oben diskutierten Einflussfaktoren, wie z. B. die orthogonale Ausrichtung, nur indirekt anhand von Soll-Ist-Abständen erfasst werden können, ist mit Hilfe dieser Prüfprozedur eine Gesamtschau der erreichbaren Genauigkeit möglich.