

## FalCon Mov3D – 3D-Bildanalyse Genauigkeit FAQ

- **Wie genau kann ich mit Hilfe einer 3D-Bewegungsanalyse messen?**

Die folgenden Details beeinflussen die erreichbare Genauigkeit:

- **Tracking-Genauigkeit** in Teilen eines Pixels.
- Effektivität der **Kamerakalibrierung**: siehe mittlerer Restfehler über alle Bilder vom Testfeld.
- Qualität der **Kameraposition**, die über Passpunkte und Bildmessungen berechnet wird: siehe Standardabweichung ihrer Parameter. Auch wenn ihre absoluten Werte keinen Hinweis auf die Genauigkeit im 3D-Volumen geben, erhält man einen Eindruck über die Bestimmtheit der Kameraorientierung. Die grafische Darstellung der Restfehler im Bildoverlay hilft schlechte Verhältnisse zu erkennen. Stellen Sie sicher, dass die Passpunkte im Bildfeld weit verstreut liegen!
- Der **Stereo-Aufbau = Kamerabasis** (Abstand) **und Winkel** zwischen den Kameras definiert die Genauigkeit des Vorwärtsschnitts (*Triangulation*). In den meisten Fällen ist die Genauigkeit in Blickrichtung schlechter als in der Ebene, die koplanar zum Kamerasensor liegt.
- Die **Synchronität** der Kameras: dynamische Messungen können nur analysiert werden, wenn alle Kameras vollständig synchron laufen; dies gilt sowohl für den Start nach Trigger als auch für den gleichen Aufnahme-Sync).

Wie kann die 3D-Genauigkeit geprüft werden?

- Stellen Sie die **Synchronität** der Stereo-Kameras sicher: nehmen Sie eine High-Speed-Uhr auf oder bitten Sie Ihren Kamerahersteller den verwendeten Sync, die Trigger-Verkabelung und das Netzwerk zu prüfen.
- **Messen** Sie den Satz von **Passpunkten**, die für die Berechnung der Kameraposition verwendet werden, mit den Methoden der Bildanalyse: Vergleichen Sie die Differenzen zu den gegebenen Passpunktkoordinaten. Ihre punktwisen Koordinaten, ihre Standardabweichungen und der mittlere Restfehler beschreiben, wie genau der Satz an Punkten reproduziert werden kann.

**Typische gute Ergebnisse** liegen bei einem Fahrzeugversuch bei Restfehlern von ca. **1-2 mm in einer Ebene parallel zur Stereobasis** und ca. 3 mm in Blickrichtung der Kameras. Bei Schlittenversuchen mit Onboard-Kameras ist die Genauigkeit meist **unter 1 mm**.

- Im Fall von wackelnden Kameras, d. h. dynamischen Kamerapositionen, prüfen Sie die **dynamischen 3D-Bahnkurven** der ausgewählten Passpunkte: Beurteilen Sie ihren Verlauf bzw. ihre Abweichungen.

- Führen Sie Vergleiche mit **Neupunkten** (mit bekannten statischen Koordinaten) durch, die nicht Teil des Passpunktsatzes sind: Sind ihre Abweichungen im gleichen Bereich wie die der Passpunkte?
- Prüfen Sie die **Standardabweichungen der Neupunkte**, welche es ermöglichen den zu erwartenden Fehler zu definieren.

Beispiel: Wenn die Messungen bei x und z eine Standardabweichung (= sigma) von 1 mm und bei y (= Blickrichtung/Tiefe) einen Wert von 5 mm aufweisen, können Sie nicht erwarten, spürbar besser als diese Größenwerte zu messen. Statistisch ist der Erwartungswert des Messwerts zu 68,3 % innerhalb des Bereichs von  $\pm 1 \times \text{sigma}$  und 99,7 % innerhalb von  $\pm 3 \times \text{sigma}$ .

- Beachte: Diese Betrachtungen helfen Ihnen schlechte Messungen zu erkennen und ein Gefühl für die Genauigkeit der Stereo-Triangulation zu erhalten, aber es erlaubt Ihnen **keinen** Rückschluss auf den **absoluten Fehler**.  
Warum? Wenn Sie asynchrone Kameras einsetzen, wird der Fehler einer Achsverschiebung entsprechen – auch wenn die Standardabweichungen der Koordinaten klein sind.
- Messen Sie einen **bekanntem Maßstab** nach = Abstand zwischen Punkten mit bekannten 3D-Koordinaten = Prüfstrecke:

**Statische Prüfung:** Messen Sie den Abstand zwischen zwei Kreiszentren der Kalibriertafel. Dieser "einfache" Fall sollte eine sehr hohe Genauigkeit aufweisen.

**Dynamische Prüfung:** Messen Sie den Abstand von zwei Punkten auf einem bewegten Testobjekt (Fahrzeug).  
Bleibt die Länge konstant, auch wenn das Testobjekt sich durch das Bildfeld bewegt?