

Mov3D – 3D Bildanalyse

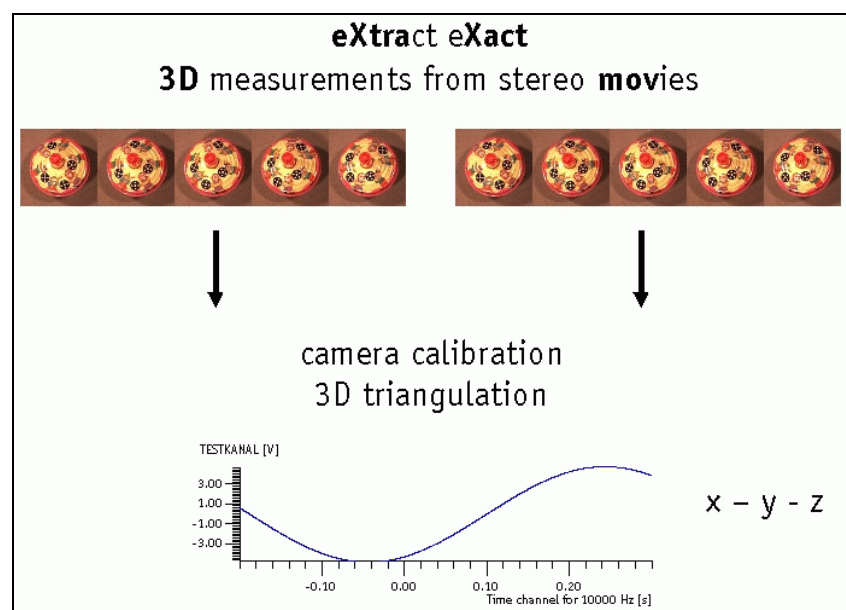
M_{3D}

Die Bildanalyse-Software **Mov3D** ermöglicht die 3D-Auswertung dynamischer Vorgänge:

Hierzu werten Sie mehrere stereoskopische Ansichten der gleichen Szene mit den Werkzeugen des 2D-Moduls **MovXact** aus. Die Bildmessdaten verknüpfen Sie anschließend mittels photogrammetrischer Methoden zu 3D-Bahnkurven.

Merkmale:

- Übersichtliche Verwaltung mehrerer Ansichten innerhalb einer Auswertung
- Schnittstelle für 3D-Passpunkte
- Neuer Markentyp CODE (= codierte Ringmarken, Fa. AICON)
- Berechnung von Kamerapositionen anhand von Passpunktdateien
- Kalibrierung der Kameras mit umfangreicher Verzeichnungsmessung (Datentransfer vom Modul CamFolder via Drag-and-Drop)
- 3D-Kalibrierung und Ausgabe von x-y-z Weg/Zeit-Diagrammen (mit a-v-Differentiation etc. analog zu MovXact)



Überblick

Für die erfolgreiche **3D-Analyse** verarbeiten Sie folgende Daten:

Daten

Passpunkt-Daten



ControlPoints.apr

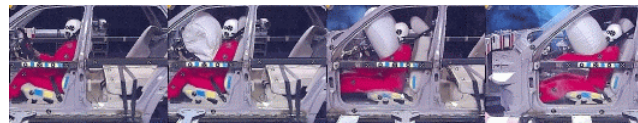
Bildmessungen: Passpunkte und Neupunkte

Bildsequenz

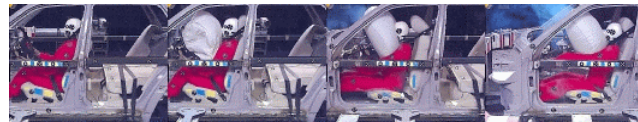
(je Ansicht)



View-A.avi



View-B.avi



Kalibriermessungen

Sequenz von Testfeld-Szene +
Kamera-Objektiv-Daten
(je Kamera)
+
Passpunktdaten
in ASCII-Datei



ISO-Target-A.avi



ISO-Target.apr

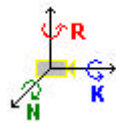


ISO-Target-B.avi



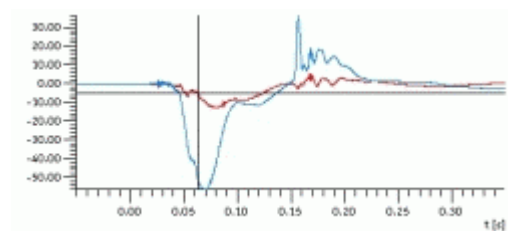
? Positionsmessungen

3D-Passpunkte mit
Bildmessdaten +
Kalibriermessungen
(je Ansicht + je Bild)



? 3D - Messungen

Neupunkt-Messdaten +
Kalibriermessungen +
Positionsmessungen
(n * 2D ? 3D)



3D-Data.iso

Begriffe

<i>Kamera-Parameter</i>	Innere Orientierung = Kamerakonstante (Brennweite) + Hauptpunktlage + Verzeichnungsparameter (inkl. Vorgabe eines zweiten Nulldurchgangs)
<i>Kamera-Kalibrierung</i>	Berechnung der Kameraparameter – inkl. Kameraposition – (Methode = erweiterter Rückwärtsschnitt)
<i>Kamera-Position</i>	Äußere Orientierung = Lage (3D-Koordinaten) und Ausrichtung (3 Winkel)
<i>Kamera-Ausrichtung</i>	Die Kamera kann sich um drei Winkel bewegen: Neigung („Bewegung der Kamera nach oben und unten“) Richtung („Bewegung der Kamera nach links und rechts“) Kantung („Drehung der Kamera um optische Achse“)
<i>Passpunkt</i>	Punkt auf Objekt oder Testfeld mit bekannten 3D-Koordinaten
<i>Bildpunkt</i>	Punkt im Bild mit 2D-Koordinaten
<i>Neupunkt</i>	Zu vermessender Punkt: Berechnung seiner 3D-Koordinaten mit gemessenen Bildkoordinaten, Kameraparametern und –positionen (Methode = Vorwärtsschnitt)
<i>Objektpunkt</i>	Punkt in 3D-Szene
<i>Testfeld</i>	Szene mit bekannten Passpunkten, auch „Testtafel“

Voraussetzungen für 3D-Messungen

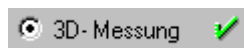
Für eine erfolgreiche 3D-Messung werden einige Kalibriereinstellungen vorausgesetzt:



Mindestens zwei Ansichten mit Stereo-Blickrichtung sind angelegt.



In den 3D-Ansichten sind (gleiche) Passpunkte und Marken mit gleichen Namen aufgesetzt und vermessen.



In allen Ansichten, die zur 3D-Auswertung herangezogen werden sollen, ist die Option **3D-Messung** markiert.

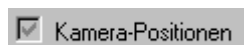


In allen 3D-Ansichten ist die Zeitkalibrierung markiert.

Voraussetzung: Alle Kameras laufen (möglichst zeilen-) **synchron**.

Die Bildfrequenzen der 3D-Ansichten sind ganzzahlige Vielfache der maximal vorkommenden Bildfrequenz (= $max. Frequenz / n$).

Die T_0 -Zeitwerte der 3D-Ansichten sollten alle im Raster der maximalen Bildfrequenz liegen: $T_0(n) - T_0-min. = 1 / max. Frequenz$



Die Kamerapositionen sind im Auswertintervall berechnet; hierzu werden pro Bild mindestens Messdaten von vier Passpunkten benötigt. Alternativ können die Positionen auch als „statisch“ definiert werden.

Beachten Sie, dass vor der Berechnung die Kameras kalibriert sein sollten.

Die Bildmessdaten aus den unterschiedlichen Ansichten müssen eine Berechnung der 3D-Rückprojektion erlauben („Vorwärtsschnitt“).

Eigene Maßstäbe zur Kalibrierung werden nicht benötigt. Die Maßstabskalibrierung erfolgt direkt über die Passpunkte.

Arbeitsschritte

Mov3D setzt auf mehreren Bildsequenzen (= **Ansichten**) eines Versuchs auf. Wie bisher (2D) verwenden Sie die Vermessung von Trajektorien (Aufsetzen und Verfolgen von Marken) um zu zweidimensionalen Bildrohmessdaten zu gelangen.

Neu ist nun, dass einige (mindestens 4) sogenannte Passpunkte im Raum vorher festgelegt und ihre Raumkoordinaten in einer ASCII-Datei abgelegt sein müssen.

Falls die Kameras noch nicht in einer Vor-/Labor-Kalibrierung kalibriert sind, müssen zudem eigene Kalibrierbildfolgen ausgewertet und die Verzeichnungsparameter berechnet werden.

Arbeitsschritte:

Führen Sie die Arbeitsschritte einer 3D-Auswertung in folgender Reihenfolge aus:

1. Neue Auswertung anlegen

Je Kamera tragen Sie eine **Ansicht** mit zugehöriger Bildsequenz ein.

2. Passpunkt-Daten einlesen

Im Register **Vorgaben** des Dokumentfensters importieren Sie **Passpunkte** als "vorbereitete", d.h. noch nicht aufgesetzte Marken, aus Dateien mit der zugehörigen Dateierweiterung ist ***.apt** (= ASCII Punkt-Tabelle). Die vorvermessenen 3D-Koordinaten x-y-z sind in einer Tabelle aufgelistet; beim Einlesen werden unterschiedliche Tabellenlayouts unterstützt. Zu empfehlen ist das FalCon eXtra ASCII-Format mit Angabe des Markentyps.

3. Marken aufsetzen (Passpunkte + Neupunkte)

Das Aufsetzen der Marken ist erleichtert durch eine Vorgabenliste, aus der Sie die nötigen Passpunkte herausgreifen und im Bild lokalisieren. Der Markentyp CODE erleichtert die Grob-Orientierung.

Wie bisher werden die auszuwertenden Marken als "Neupunkte" aufgesetzt.

4. Marken verfolgen

Verfolgen Sie alle Marken innerhalb des Überlappungsintervalls der Ansichten. Bei raumfesten Passpunkten und exakt raumfester Kamera kann eventuell auf eine Verfolgung der Passpunkte verzichtet werden.

5. Kameras kalibrieren

Geben Sie die charakteristischen Werte für Kamera und Objektiv ein. Nach Vermessung eines Testfelds berechnen Sie die Verzeichnungsparameter. Beachten Sie hierzu die Bedienanleitung des Moduls **CamFolder**. Alternativ können Sie eine vorab durchgeführte Kalibriermessung aus dem Dokumentfenster **CamFolder** via Drag-and-Drop übernehmen. Der Status sollte „Kalibriert/Berechnet“ lauten. Nur für Testzwecke ist ein Status "Kalibriert/Editiert" bzw. sogar "Nicht kalibriert" möglich.

6. Kamera-Positionen berechnen

Ort und Orientierung jeder Kamera wird bildweise berechnet, wenn 3D-Raumkoordinaten und 2D-Bildmessdaten von mindestens 4 Passpunkten vorliegen (Auswahl der aktiven Passpunkte möglich). Unter der Annahme raumfester Passpunkte und exakt raumfester Kameras genügt die Berechnung in einem Referenzbild.

7. Kalibrierung einstellen

In **jeder** Ansicht, die zur 3D-Messung herangezogen werden soll, wählen Sie im Dialog Kalibrierung das Optionsfeld **3D-Messung** aus. Sind alle Voraussetzungen für die 3D-Berechnung erfüllt (siehe unten) erscheint daneben ein grüner Haken.

Nutzen Sie die Schaltfläche **Vorschau** für detaillierte Informationen.

8. Zeitkurven ausgeben

Im Dialog **Zeitkurven** geben Sie eindimensionale Bahnkurven der Neupunkt-Koordinaten x, y oder z aus. Die Weiterverarbeitung, z.B. Differentiation oder Referenzbildung, sowie Export der Daten erfolgt analog zu MovXact.

Beachten Sie, dass die Koordinaten der Neupunkte im vorgegebenen Koordinatensystem des Passpunktfelds vorliegen!

9. 3D-Messdaten ausgeben

Im Dialog **Exportieren** geben Sie die kalibrierten 3D-Ergebnisse im Koordinatensystem des Passpunktfelds aus. Dateityp **ASCII-Tabelle *.txt**. Neben den 3D-Koordinaten werden die zugehörige Standardabweichung der Messungen sowie auch eine Liste der verwendeten Passpunkte ausgegeben.

Kalibriermessung



Mov3D und **CamFolder** beinhalten die Messung von Kamerakalibrierparametern:

Arbeits Schritte:

Führen Sie die Arbeitsschritte einer Kalibriermessung in folgender Reihenfolge aus:

1. Kamera und Objektiv-Merkmale eingeben

Geben Sie für jede Kamera-Objektiv-Kombination die beschreibenden Merkmale und herstellereigenschaften ein. Die Messung selbst ist durch den Fokussierabstand gekennzeichnet.

2. Passpunkt-Daten einlesen

Importieren Sie **Passpunkte** aus Dateien mit der zugehörigen Dateierweiterung ***.apt** (= ASCII Punkt-Tabelle). Beim Einlesen werden unterschiedliche Tabellenlayouts unterstützt. Zu empfehlen ist das FalCon eXtra ASCII-Format mit Angabe des Markentyps.

3. Bildpunkte messen

Setzen Sie zunächst zwei Punkte manuell auf.

Mit Hilfe von zwei Bildpunkten wird zur **Prädiktion** der weiteren Punkte ein 2D-Modell (Ähnlichkeitstransformation) berechnet. Ab drei Punkten ist das 2D-Modell(+) durch eine affine Transformation beschrieben.

Die tatsächliche Prädiktion (®) mit Hilfe eines 3D-Modells wird nur durch explizite Auswahl einer **Sollprädiktion** „...3D“ zugeschaltet (ab 4 Punkten).

4. Parameter berechnen

Abhängig von der Verteilung der Messpunkte im Bildausschnitt, von der Verkantung des Testfelds und der Anzahl und Art der Messbilder wählen Sie eine spezifische **Methode** mit expliziter Auswahl der Verzeichnungsparameter.

Die Kalibriermessung kann folgende Zustände aufweisen:

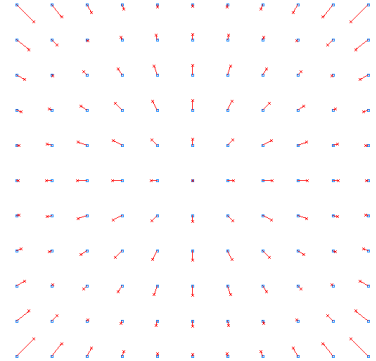
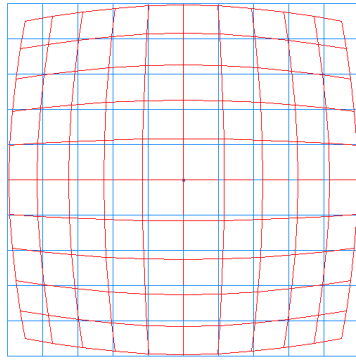
- nicht kalibriert
- p** nur Positionen berechnet
- e** Verzeichnungsparameter editiert
- +** erfolgreich kalibriert

Im Unterdialog **Positionen...** können Sie nach erfolgreicher Berechnung die Kameralagen und Orientierungen ausgeben.

5. Ergebnisse auswerten

Das Register **Auswertung** erlaubt eine numerische und graphische Beurteilung der gemessenen Parameter.

Liegt ein Testfeld nach **ISO/SAE** vor, starten Sie hier die Ermittlung des „Distortion Index“.



Bitte informieren Sie sich über die theoretischen Hintergründe und praktische Hinweise zur Kamerakalibrierung auf der FalCon Homepage:
[Download/Dokumentation.](#)

Layout für ASCII-Passpunkttabellen

Passpunkt-Koordinaten werden in Dateien mit der Erweiterung **.apt** bereitgestellt. Als Tabellenlayout werden unterstützt:

```
x y z Name
```

```
Name x y z
```

```
x y z : Name implizit = Index
```

```
Header: IMETRIC_Software_(C)
Text Name x y z : Imetric-Format, Markentyp = DOT
```

```
FalCon eXtra-Header
x y z Name Typ : FalCon eXtra Dateiformat
```

Hinweis:

Der Markenname kann auch (nur) eine Nummer bzw. ein Index sein. Codierte AICON-Marken sollten den Namen **C_#** (mit **#** = Codenummer) aufweisen.

Als Einheit wird (zunächst) nur **mm** unterstützt.

Codierte Marken



Zur Orientierung in Testfeldern oder definierten Koordinatensystemen bieten sich codierte Marken an. In **Mov3D** und **CamFolder** werden die Marken nach Spezifikation von **AICON** unterstützt:

Um eine Zuordnung gleicher Punkte eines Objektes in Bildern aus verschiedenen Kameras zu erreichen, ist in der Regel eine Punktnummerierung erforderlich. Bei einer automatischen Messung kann eine Codierung der Punktnummer in Form eines Binär-codes, der rund um den eigentlichen Messpunkt angeordnet ist, erfolgen. Durch entsprechende Bildverarbeitungsverfahren wird dann neben der Messung der Bildkoordinate eines Punktes auch dessen Punktnummer erkannt und sofort zugewiesen. Die Marken sind rotationsinvariant, d. h. die Ausrichtung und Lage auf dem Objekt spielt zur Erkennung der Markennummer keine Rolle, der Code ist für alle Positionen eindeutig.

Ist ein Objekt mit codierten Marken versehen, so muss für diese Punkte keine manuelle Zuweisung von Punktnummern erfolgen. Dadurch wird zum einen die Messung beschleunigt, zum anderen wird eine Falschnummerierung, die bei einer anschließenden Berechnung zu Problemen führen könnte, vermieden.

Je nach Ausführung und Codierungstiefe (12 Bit oder 14 Bit) können unterschiedlich viele verschiedene Punktnummern unterschieden werden. Für die meisten Anwendungen sind 12 Bit-Codierungen mit insgesamt bis zu 147 unterschiedlichen Nummern ausreichend. Die 14 Bit-Version erlaubt die Unterscheidung von 516 Nummern. Je nach Anwendung können Marken in unterschiedlicher Punktgröße als auch aus unterschiedlichen Materialien (Standardfolie, retroreflektierende Folie) eingesetzt werden.

Für Crash-Test-Anwendungen wurde ein Subset von 79 Codes ausgewählt.

Die Marken weisen folgendes radiales Tastverhältnis auf:

Äußerer Durchmesser des Code-Rings : Durchmesser des Mitten-Dots = 3 : 1

Innerer Durchmesser des Code-Rings : Durchmesser des Mitten-Dots = 2 : 1

Beispiele für codierte Marken

