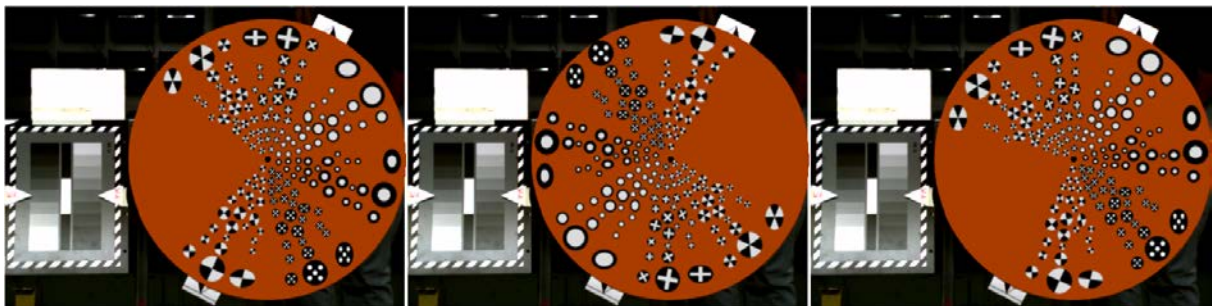


FalCon MovXact – Tracking Genauigkeit + Robustheit FAQ

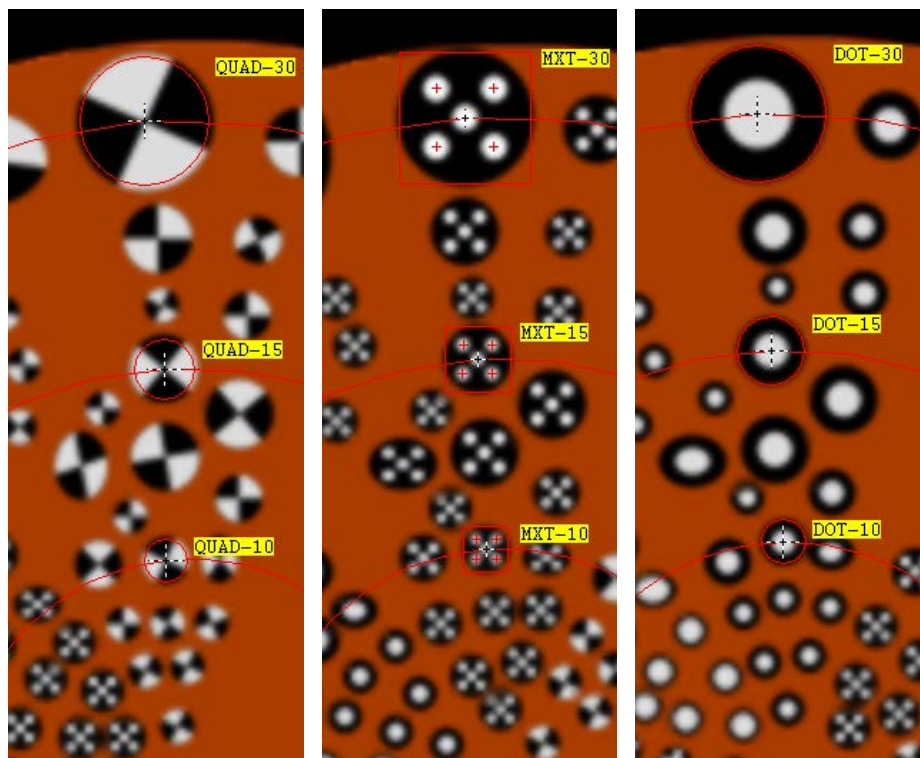
- *Welche Genauigkeit weisen Bildmessungen auf?*
- *Welche Marken sind für Crashtests geeignet?*

Der Arbeitskreis "Bildverarbeitung im Sicherheitsversuch" von deutschen Automobilherstellern veranlasst 1999 einen Vergleich verschiedener Markenverfolgungsalgorithmen hinsichtlich Genauigkeit und Robustheit.

Die **absolute Genauigkeit** kann mit Hilfe der bekannten Bewegungen zwischen Bildern einer Sequenz bewertet werden. Als Eingangsbildmaterial dient ein "synthetisch erzeugtes" AVI-Video. Die Messmarken zeigen einen optimalen Kontrast und keine Beeinträchtigungen durch die konstante Drehbewegung in der Szene, allerdings "drehen" sich die Marken nicht zusammen mit der Scheibe, d. h. sie weisen in sich selbst immer die gleiche Drehlage auf.



MaCon2: 36 Bilder, 512x384 Pixel, unkomprimiert

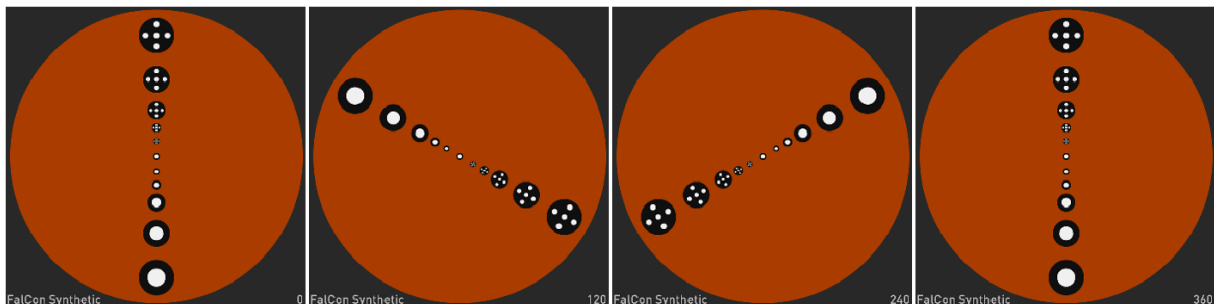


Markentypen mit unterschiedlichen Größen

Markentyp & -größe	Mittlerer Fehler		Standardabweichung	
	original		original	
DOT-10	0,020		0,014	
DOT-15	0,010		0,006	
DOT-30	0,007		0,004	
MXT-10	0,030		0,011	
MXT-15	0,027		0,013	
MXT-30	0,047		0,020	
QUAD-10	0,145		0,112	
QUAD-15	0,222		0,094	
QUAD-30	0,133		0,059	

(Einheit Pixel)

In einem Beispiel aus dem Jahr 2024 wird untersucht, welche Genauigkeiten in nun verfügbaren hochauflösenden Bildern und bei Marken mit großen Durchmessern erreicht werden können. Die MXT-Marken weisen hier die gleiche Drehbewegung wie die Scheibe auf.



FcSynthetic: 361 Bilder, 1024x1024 Pixel, Drehwinkel 1°/Bild

Der MXT-Algorithmus unterstützt nun auch Durchmesser über 70 Pixel. Die Ergebnisse zeigen allerdings, dass die Genauigkeit bei sehr großen Marken eher abnimmt.

Das Video mit der synthetischen Drehbewegung wird zunächst unkomprimiert vermessen und dann mit Hilfe des **x264**-Codecs (bei empfohlenen Einstellungen) auf 0,19 % komprimiert. Die mittleren Fehler sowie die Standardabweichungen bleiben sehr niedrig und nahezu identisch.

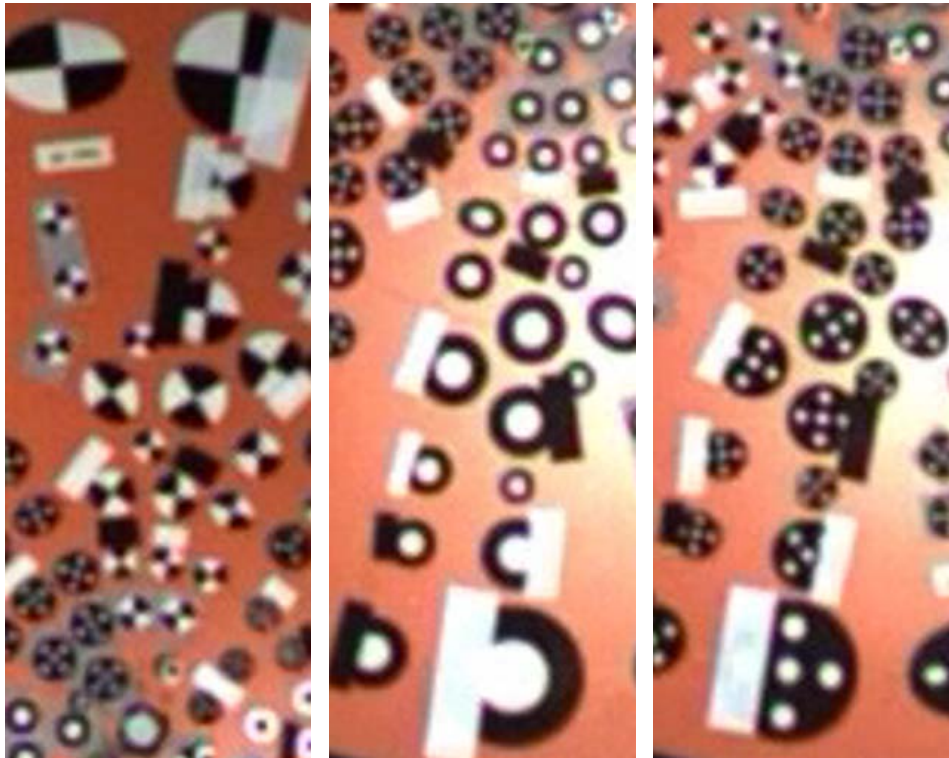
Markentyp & -größe	Mittlerer Fehler		Standardabweichung	
	original	komprimiert	original	komprimiert
DOT-20	0,011	0,016	0,004	0,008
DOT-30	0,009	0,012	0,003	0,006
DOT-60	0,007	0,009	0,003	0,005
DOT-90	0,005	0,008	0,002	0,004
DOT-120	0,005	0,007	0,002	0,004
MXT-20	0,033	0,032	0,017	0,017
MXT-30	0,038	0,038	0,020	0,020
MXT-60	0,071	0,073	0,043	0,041
MXT-90	0,093	0,098	0,074	0,055
MXT-120	0,140	0,139	0,075	0,073

(Einheit Pixel)

Die **Robustheit** der Markentypen und ihrer angepassten Algorithmen wird an Hand eines "realen" High-Speed-Videos überprüft. Marken verschiedenen Typs und Größe sind auf einer sich drehenden Scheibe geklebt. Statische und dynamische Verdeckungen sowie punktuelle Beleuchtung sollen typische Probleme während eines Crashtests abdecken.



RoTest2: 300 Bilder, 512x384 Pixel



Ausschnitte mit realistischen Markenbeispielen

Schlussfolgerungen

- Die Verfolgungsalgorithmen messen Punktkoordinaten in der Einheit Pixel. Vergleiche von bekannten (synthetischen) mit gemessenen Bahnkurven weisen in nicht-gestörter Umgebung eine **Genauigkeit unter 0,1 Pixel** auf; die Standardabweichungen der mittleren Fehler liegen sogar innerhalb von wenigen Prozent eines Pixels.
- Die Komprimierung mit dem **x264**-Codec zeigt im Beispiel keinen Einfluss auf die Messgüte.

- Abhängig vom Markentyp und -größe ist die auch in der Praxis erreichbare **Genauigkeit** (meist) **besser als 0,2 Pixel**.
- **MXT**-Marken sind bestens bewährt für Crashtests ("**crash proven**"); sie sind extrem robust bezüglich Wechsel der Beleuchtung, geometrischen Veränderungen (Rotation, Scherung) sowie Bewegungsunschärfe.
Neben der Markenposition kann zusätzlich der interne Drehwinkel gemessen werden.
Minimale Größe ca. > 12 Pixel
- **DOT**-Marken können in Fällen mit geringem physikalischem Platz verwendet werden. Bestes Verhältnis zwischen schwarzem Ring zu weißem Radius = 1:1. (ebenfalls verfügbar DOT-I = inverse Punkte mit schwarzem Kern.)
Bei Teilverdeckungen verschiebt sich die Messposition auf die Mitte der noch sichtbaren Restfläche (: Gefahr der Fehlmessung); ist kein ausreichender Kontrast von Dot-Fläche zum umschließenden Ring gegeben (: lokale Überbelichtung), bricht die Markenverfolgung sogar ab. Somit erlaubt dieser Markentyp zwar genaue Messungen, gewährleistet aber weniger Robustheit.
Minimale Größe ca. 7 Pixel
- **QUAD**-Marken zeigen höhere Abweichungen und Spitzenwerte im Fehler, die auch nicht durch manuelle Markenverfolgung vermieden werden. Dieser Typ war populär bei Verwendung von Zelluloid-Film, ist nun aber für digitale High-Speed-Videos nicht mehr empfehlenswert.
Minimale Größe ca. > 15 Pixel

Empfehlungen

- Die Marken sollen einen hohen Kontrast aufweisen. (Achtung vor gelb-schwarzen Marken!).
- Die Marken sollen absolut matt, d. h. nicht glänzend, sein.
- Die optimale physikalische Größe der Marken ergibt sich aus Aufnahmegeometrie und Kameraauflösung.
- Die Bilder dürfen keine starken Artefakte durch Bildnachbearbeitung, z. B. Schärfungsfiler oder Videokompression aufweisen.

Besondere Merkmale von FalCon MovXact

- Schnelles Aufsetzen von Marken (Autozentrierung).
- Die Markenverfolgung kombiniert alle Methoden, die derzeit Stand der Technik sind, innerhalb einer differenzierten parallelen Vorgehensweise.
- Automatische Ausfallbehandlung mit Anwendung eines Gruppenmodells (= Starrkörper).
- Die Bedienoberfläche kombiniert typische Arbeitsschritte in klar aufgebauten Dialogen, so dass der Benutzer sowohl Serientests als auch Sonderversuche **schnell, reproduzierbar und genau** analysieren kann.