

MovXact – Bildanalyse

Wie messe ich Winkel?

Als Antwort geben wir Ihnen eine Kurzanleitung der wichtigsten Grundlagen und Einstellungen zur Winkelmessung.

In den Beschreibungen der Dialoge finden Sie sämtliche Details sowie die Hinweise zur Benutzerführung.

Voraussetzung für kalibrierte Messungen

- Markenpositionen messen: aufsetzen und automatisch verfolgen oder interaktiv vermessen.
- Dialog **Kalibrierung**: Kontrollkästchen **Maßstabsebenen** und **Zeit** markieren.
- **Zeit**: Bildfrequenz und T0 kontrollieren.
- **2D-Koordinatensystem** einrichten.
- **Maßstabsebene** wählen.
- Im Falle von Messungen außerhalb der Maßstabsebene: Kontrollkästchen **Tiefe** markieren, Kameraabstand und Relativtiefe(n) eingeben.
- **Einheiten** wählen.

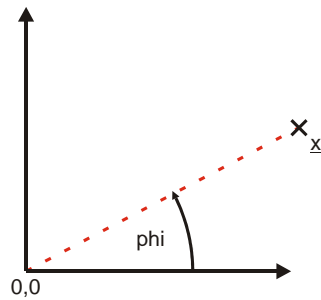
Winkel einer Marke als $f(t)$

- **Diagramm**-Ausgabe einer **Zeitkurve** mit der Ordinate **Winkel**
- **Info** zeigt Extrema und Standardabweichung
- **Ohne Referenz**:
Der Winkel gilt als Winkel der Strecke zwischen der Markenposition \underline{x} und dem Ursprung des Koordinatensystems, der absolute Wert wird bezüglich der Abszissen-Achse des Koordinatensystems ermittelt:

$$\phi(t) = \text{Winkel}(\underline{x}(t))$$

mit

\underline{x} = Position im kalibrierten Koordinatensystem



- **Mit Referenz auf eine Position:**

Diese „zeitliche Differenz“ ist quasi eine „statische“ Verschiebung des Koordinatenursprungs auf die Position \underline{x}_T .

$$\phi(t) = \text{Winkel}(\underline{x}(t) - \underline{x}_T)$$

mit

$\underline{x}_T = \text{Position der ausgewählten Marke in einem bestimmten Bild bzw. zu einem bestimmten Zeitpunkt } T$.

- **Mit Referenz auf Diagrammwert:**

Verschiebt ein Diagramm so um einen Offsetwert, dass die Kurve am angegebenen Abszissenwert durch 0.0 geht:

$$\phi(t) = \phi(t) - \phi_T$$

Winkeldifferenzen zweier Marken als $f(t)$

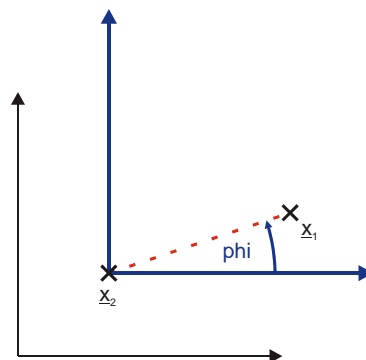
- **Diagramm-Ausgabe einer Winkel-Zeitkurve** von Marke M_1 .

- **Mit Referenz auf Marke M_2 :**

Diese „örtliche Differenz“ bewirkt eine „dynamische“ Verschiebung des Ursprungs auf die Position der Marke M_2 zu jedem Zeitpunkt t . $\Delta \underline{x}$ ist quasi die Strecke zwischen den beiden Marken, der Winkel davon also tatsächlich der Winkel der Verbindungsgeraden.

(Der Ursprung des Koordinatensystems wird durch die Subtraktion irrelevant).

$$\phi(t) = \text{Winkel}(\underline{x}_1(t) - \underline{x}_2(t))$$



Beachte: Es werden **nicht** die Einzel-Winkel der Marken (jeweils Strecke Marke – Ursprung) subtrahiert:

$$\phi \neq \text{Winkel}(\underline{x}_1) - \text{Winkel}(\underline{x}_2)$$

- Zusätzlich:

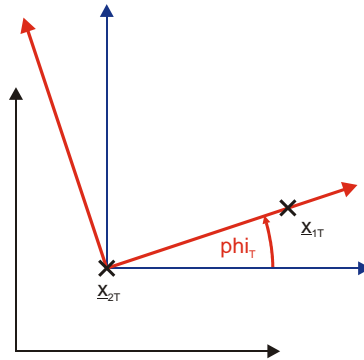
- **Mit Referenz auf Diagrammwert:**

Verschiebt den Winkel-Verlauf so, dass die Kurve am angegebenen Abszissenwert durch 0.0 geht:

$$\Delta\phi(t) = \phi(t) - \phi_T$$

Die Kurve beschreibt somit den Verlauf der Winkeländerung relativ zum ausgewählten Zeitpunkt. Das Koordinatensystem wird quasi um den Winkel ϕ_T gedreht.

Die Abszissenorientierung des Koordinatensystems wird dadurch irrelevant; es werden ja nur Relativwerte betrachtet.



Tipp:

Liegen die beiden Marken innerhalb der gleichen Tiefenebene und ist das X/Y-Pixelseitenverhältnis des Kamera-Sensors 1:1 (bei High-Speed-Video immer gegeben), erhält man das gleiche Ergebnis bereits **ohne Orts-Kalibrierung**; d.h. die Einstellungen von Ursprung, Abszissenrichtung und Maßstab haben keinen Einfluß und können übergangen werden.

Winkel einer Strecke zu einem Zeitpunkt

- Numerische Ausgabe einzelner Werte im Dialogfeld **Interaktiv Messen**:
- Messobjekt **Abstände** und Marken M_A und M_B auswählen:
Anzeige des absoluten Winkel-Werts der Verbindungsstrecke (im aktuellen Bild) bezüglich des Koordinatensystems:

$$\phi = \text{Winkel}(\underline{x}_A - \underline{x}_B)$$

Analoge Ausgabe bei der Auswahl **Von Marken Zu Cursor** oder **Von Cursor Zu Cursor**.

Beachte: Für eine etwaige Tiefenkorrektur muss die Relativtiefe für die Cursor-Positionen (vorher) eingestellt werden!

Hinweis: Für eine genaue Vermessung ist eine manuelle Cursor-Eingabe im Lupenfenster vorzunehmen. Hierbei erhöht sich die Messgenauigkeit (vor allem bei Lupenanzeige mit linearer oder kubischer Interpolation) von ± 1 Pixel auf $\pm 1/\text{Vergrößerungsfaktor}$ Pixel.

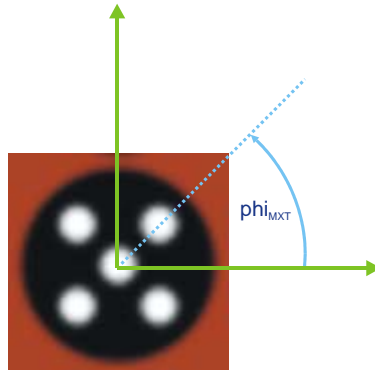
MXT-Winkel einer Marke

- **Diagramm**-Ausgabe einer **Zeitkurve** mit der Ordinate **Winkel(MXT)**:
- Der Winkel ist der **interne** Winkel des MXT-Markenmodells. Er ist **unabhängig** von Lage \underline{x} der Marke und von der Ausrichtung des **Koordinatensystems**!
Vergleichen Sie
- **Ohne Referenz:**
- MXT-5-Marken weisen einen Winkel von 0 Grad auf, wenn Sie in Lage eines senkrechten Kreuzes angeordnet sind (Modulo 90 Grad!). Der positive Winkeldrehsinn ist gegen den Uhrzeigersinn (= mathematische Definition).

$$\phi = \text{MXT-Winkel}(\text{Modell})$$

- **Mit Referenz auf Marke M_2 :**
Hier werden die MXT-Einzelwinkel der beiden Marken M_2 und M_1 subtrahiert:

$$\Delta phi = MXT\text{-Winkel}_1 - MXT\text{-Winkel}_2$$

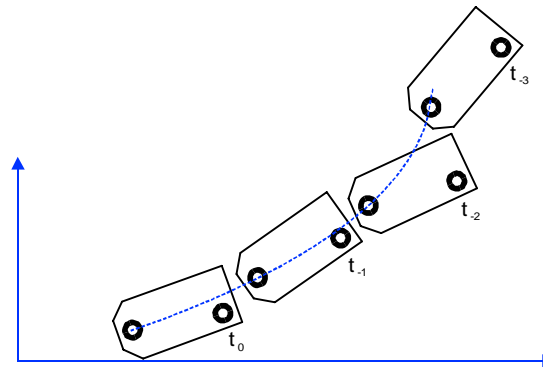


Wie messe ich den Aufprall-Winkel in einer Ansicht von oben?

In so genannten Leitplanken-Tests werden Fahrzeuge von einer Kran-Kamera aus aufgenommen. In diesen Draufsichtaufnahmen ist der **Aufprall-Winkel** ein wichtiger Auswertungsparameter.

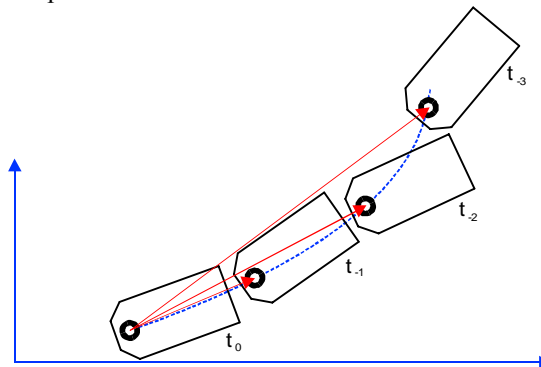


Zur Diskussion der möglichen Einstellungen werden hier zwei unterschiedliche Wege aufgeführt, Winkel in dieser Anwendung zu messen. Wählen Sie die für Ihre Aufgabe richtige Lösung!



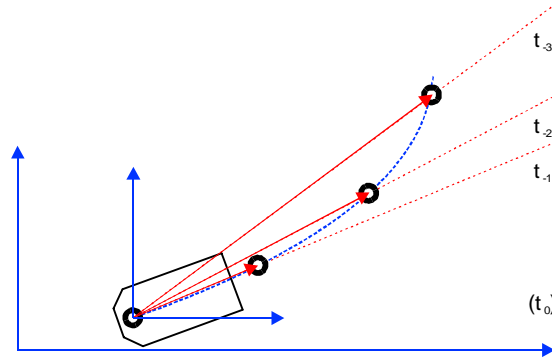
A Winkel der Aufprall-Bahnkurve

- Gemessen wird der Winkel zwischen der Position einer Marke M_A in einem Zeitpunkt $t < 0$ und der Position der gleichen(!) Marke im T0-Zeitpunkt $t = 0$.



$$\phi(t) = \text{Winkel}(\underline{x}_A(t) - \underline{x}_A(T_0))$$

- Dies entspricht der Veranschaulichung, dass der Ursprung des Koordinatensystems, in dem der Winkel gemessen wird, fest (= **statisch**) in die T0-Position gelegt wird.



- **Diagramm-Ausgabe einer Zeitkurve** einer Marke $M_A = \text{Front}$:

Ordinate **s** von **Winkel**

Zeitkurven 2D | Ortskurven

Ordinate

s v a

Von

x Resultante

y Winkel

Winkel (MXT)

Filterfrequenz: 0 Hz

mit **Referenz** auf **Position** 0 ms.

Referenz

Marke

Position T 0 ms

Diagrammwert Bild 0

oder

Marke *Front* als Koordinatenursprung **Statisch** im Referenzbild @T0:

Ursprung

Bildmitte

Marke Front Statisch

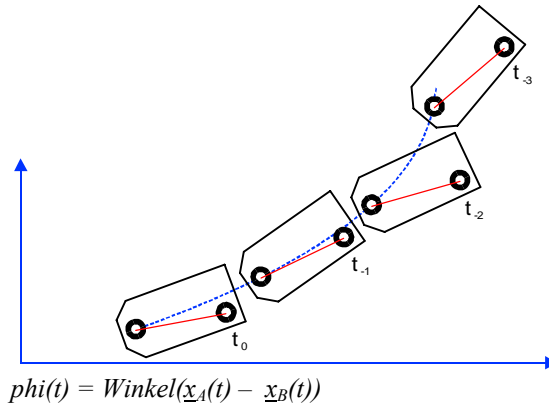
mit Pos.: x 0 y 0 mm

Beachte:

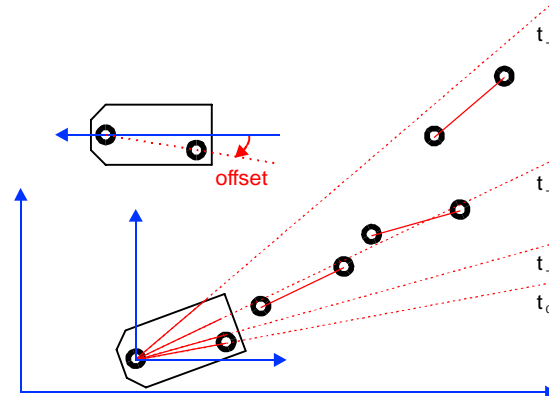
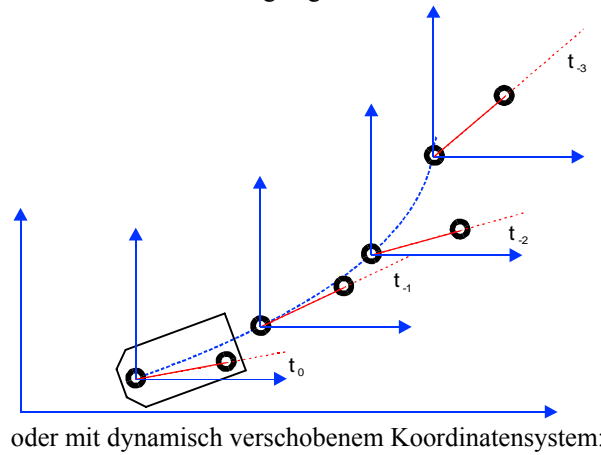
- Das Vorzeichen des Winkels ist von der Ausrichtung des Koordinatensystems abhängig!
- Legen Sie die Abszissen-Achse des Koordinatensystems genau auf die Gerade der „Leitplanke“.
- Der gemessene Winkel beschreibt **nicht** die lokale Krümmung der Bahnkurve (= Mittelwert der Winkel gemessen relativ zu den Zeitpunkten $\pm \Delta t$), sondern den Winkel zur Position im Aufprallzeitpunkt.
- Die Genauigkeit der Winkelmessung nimmt mit Annäherung an den Aufprallort ab, da sich die Achsabschnitte Δx , Δy zusehends kleiner werden.
- Der $\arctan \Delta y / \Delta x$ und damit der **Winkel im Zeitpunkt T0** ist (wegen $\Delta x = 0$) **unbestimmt!**

B Winkel der Fahrzeug-Längsachse

- Gemessen wird der Winkel zwischen den Positionen zweier Marken M_A und M_B als Funktion der Zeit.



- Dies entspricht der Veranschaulichung, dass der Ursprung des Koordinatensystems, in dem der Winkel gemessen wird, **dynamisch** in die Position der Marke M_A gelegt wird.



- Diagramm**-Ausgabe einer **Zeitkurve** einer Marke $M_B = \text{Back}$:

Ordinate **s** von **Winkel**

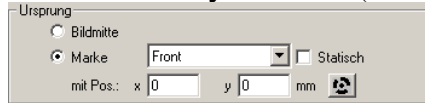
Zeitkurven 2D		Ortskurven	
Ordinate			
<input checked="" type="radio"/> s	<input type="radio"/> v	<input type="radio"/> a	
Von			
<input type="radio"/> x	<input type="radio"/> Resultante		
<input type="radio"/> y	<input checked="" type="radio"/> Winkel	<input type="radio"/> Winkel (MKT)	
Filterfrequenz: 0 Hz ...			

mit **Referenz** auf **Marke** $M_A = \textit{Front}$:



oder

Marke *Front* als **Dynamischer** (= nicht statischer) Koordinatenursprung:



Beachte: (vgl. auch A)

- Der gemessene Winkel beschreibt die Drehung um die Hochachse $z = \textit{Gieren}$.
- Liegen die beiden Marken nicht genau auf der Längsachse des Fahrzeugs, muss der entsprechende Winkel-Offset gemessen und korrigiert werden.