

Brennpunkt Meßtechnik
FH-Hannover
12. und 13. September 2002



**Positionsbestimmung von Fahrzeugen
mit Hilfe von Videosensoren**

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

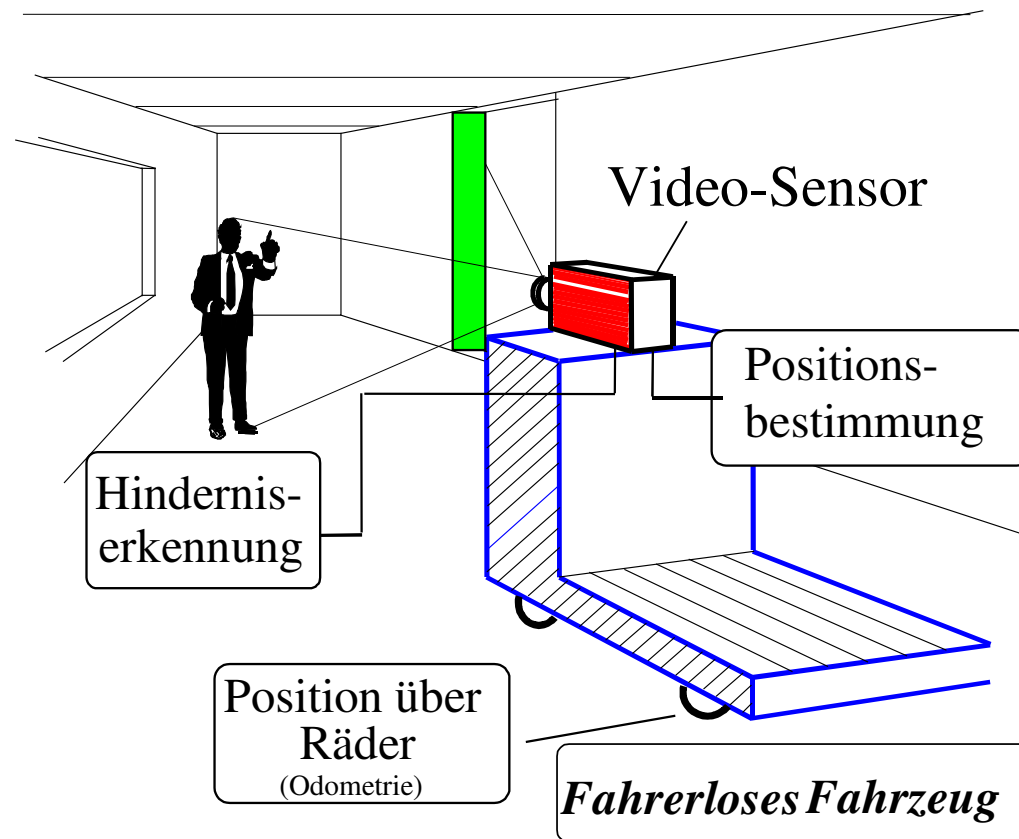


Service-Roboter

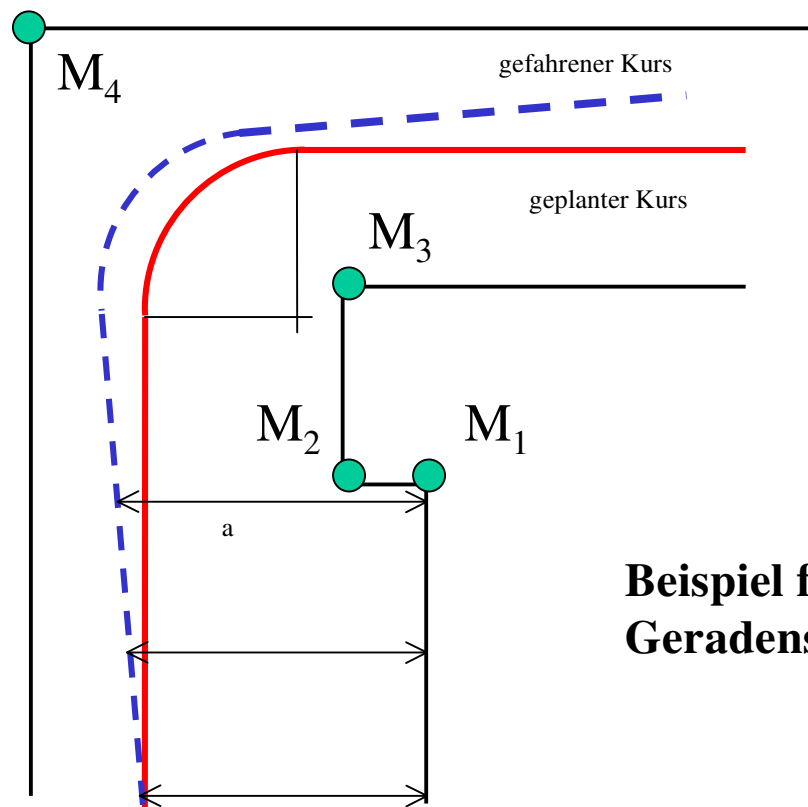
Fahrerloses Fahrzeug mit Stereo-Videosensorik



Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



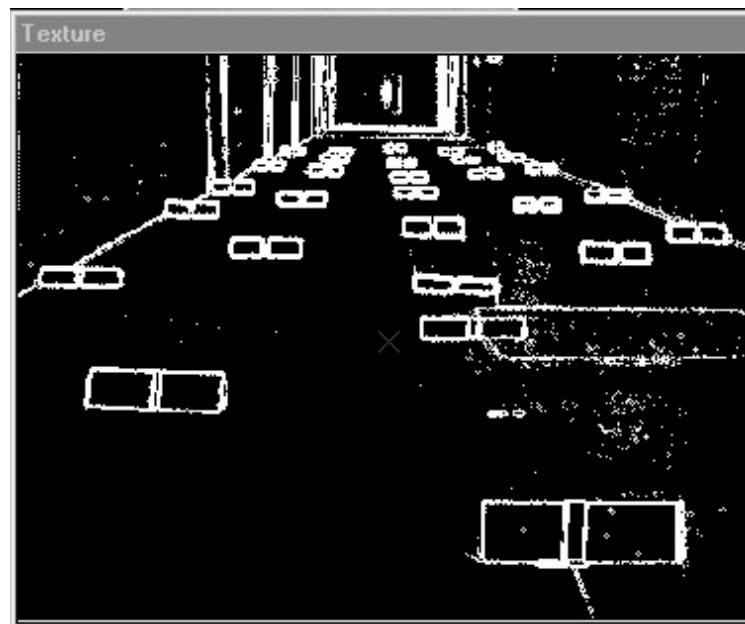
Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



● Landmarken

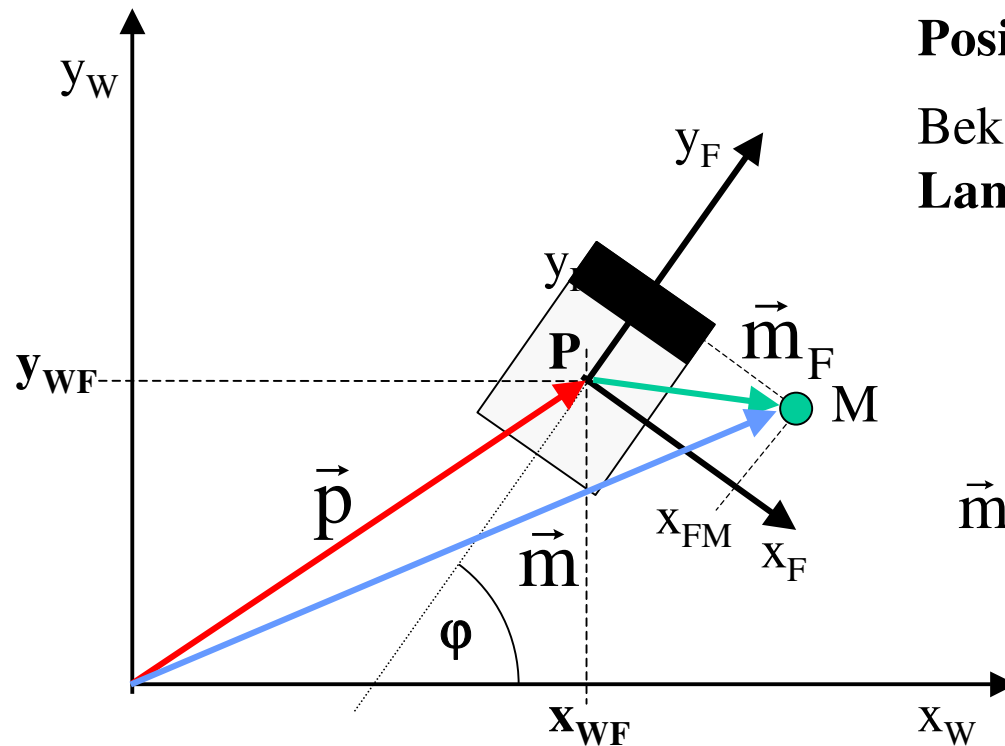
**Beispiel für einen Kurs mit 2
Geradensegmenten und einem Kreissegment**

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



Kellergang mit erkennbaren Landmarken

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



Zu bestimmen sind:

Position P, Richtungswinkel φ .

Bekannt ist:

Landmarke M

$$\vec{p} = \vec{m} - \mathbf{R}(\varphi) \cdot \vec{m}_F$$

$$\vec{m} = \begin{Bmatrix} x_{WM} \\ y_{WM} \end{Bmatrix} \quad \vec{p} = \begin{Bmatrix} x_{WF} \\ y_{WF} \end{Bmatrix} \quad \vec{m}_F = \begin{Bmatrix} x_{FM} \\ y_{FM} \end{Bmatrix}$$

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

$$\mathbf{R}(\varphi) = \begin{Bmatrix} \sin \varphi & \cos \varphi \\ -\cos \varphi & \sin \varphi \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} x_{WF} \\ y_{WF} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x_{WM} \\ y_{WM} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \sin \varphi & \cos \varphi \\ -\cos \varphi & \sin \varphi \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} x_{FM} \\ y_{FM} \end{Bmatrix}$$

Die Position des Fahrzeuges kann aus der Markenposition und den Sensordaten ermittelt werden, wenn φ bekannt ist.

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

$$x_{WF} = x_{WM} - x_{FM} \sin \varphi - y_{FM} \cos \varphi$$

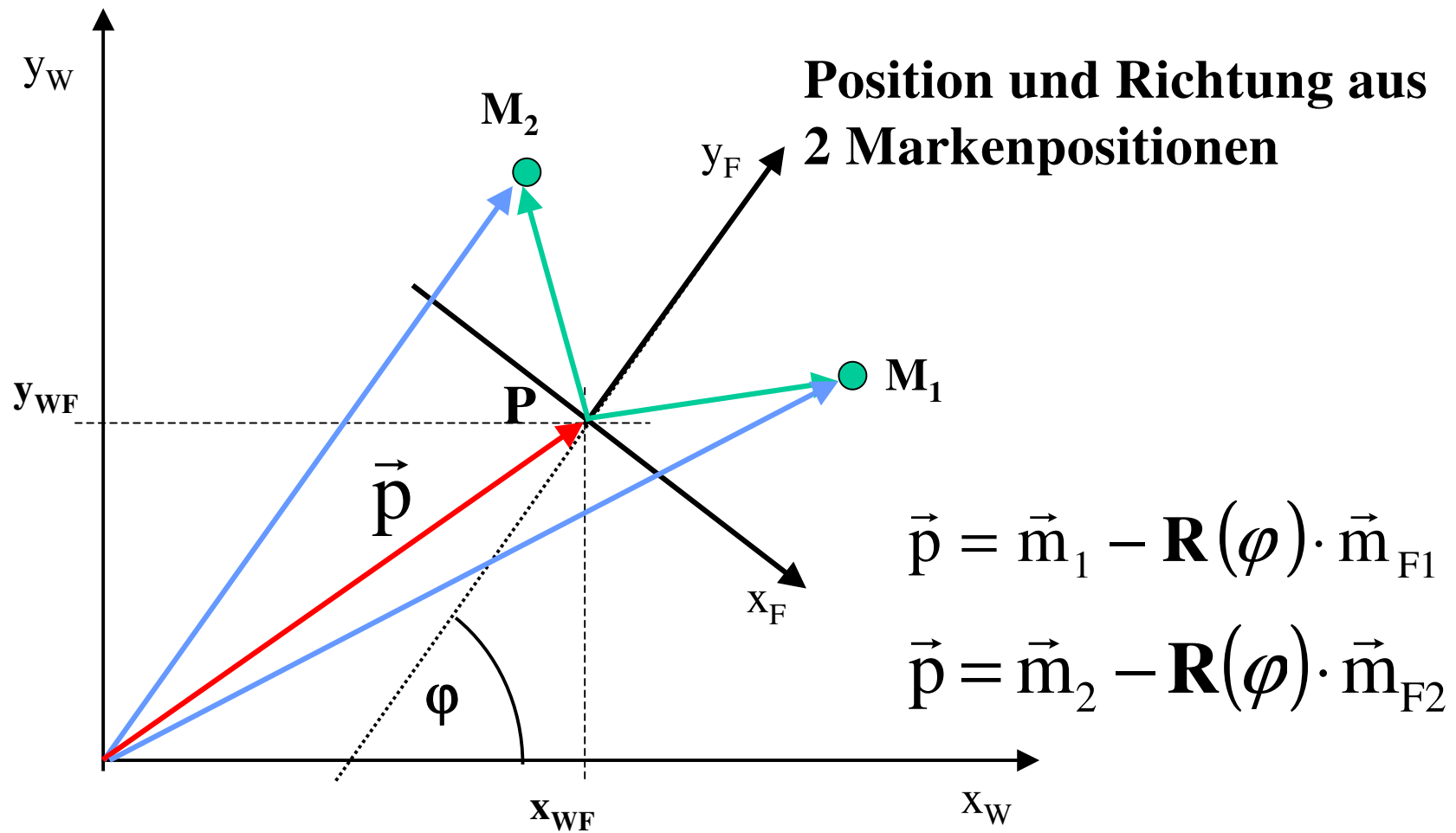
$$y_{WF} = y_{WM} + x_{FM} \cos \varphi - y_{FM} \sin \varphi$$

Fehlerrechnung:

$$\Delta x_{WF} = \frac{\partial x_{WF}}{\partial x_{FM}} \Delta x_{FM} + \frac{\partial x_{WF}}{\partial y_{FM}} \Delta y_{FM} + \frac{\partial x_{WF}}{\partial \varphi} \Delta \varphi$$

$$\Delta x_{WF} = -\{x_{FM} \sin \varphi\} \boxed{\frac{\Delta x_{FM}}{x_{FM}}} - \{y_{FM} \cos \varphi\} \boxed{\frac{\Delta y_{FM}}{y_{FM}}} - (x_{FM} \cos \varphi - y_{FM} \sin \varphi) \boxed{\Delta \varphi}$$

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

$$\vec{m}_1 - \vec{m}_2 = \mathbf{R}(\varphi) \cdot \{\vec{m}_{F1} - \vec{m}_{F2}\}$$

$$\begin{Bmatrix} x_{WM1} - x_{WM2} \\ y_{WM1} - y_{WM2} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sin \varphi & \cos \varphi \\ -\cos \varphi & \sin \varphi \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} x_{FM1} - x_{FM2} \\ y_{FM1} - y_{FM2} \end{Bmatrix}$$

$$\tan \varphi = \frac{(x_{WM1} - x_{WM2})(x_{FM1} - x_{FM2}) + (y_{WM1} - y_{WM2})(y_{FM1} - y_{FM2})}{(x_{WM1} - x_{WM2})(y_{FM1} - y_{FM2}) - (y_{WM1} - y_{WM2})(x_{FM1} - x_{FM2})}$$

$$\tan \varphi = \frac{ac + bd}{ad - bc}$$

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

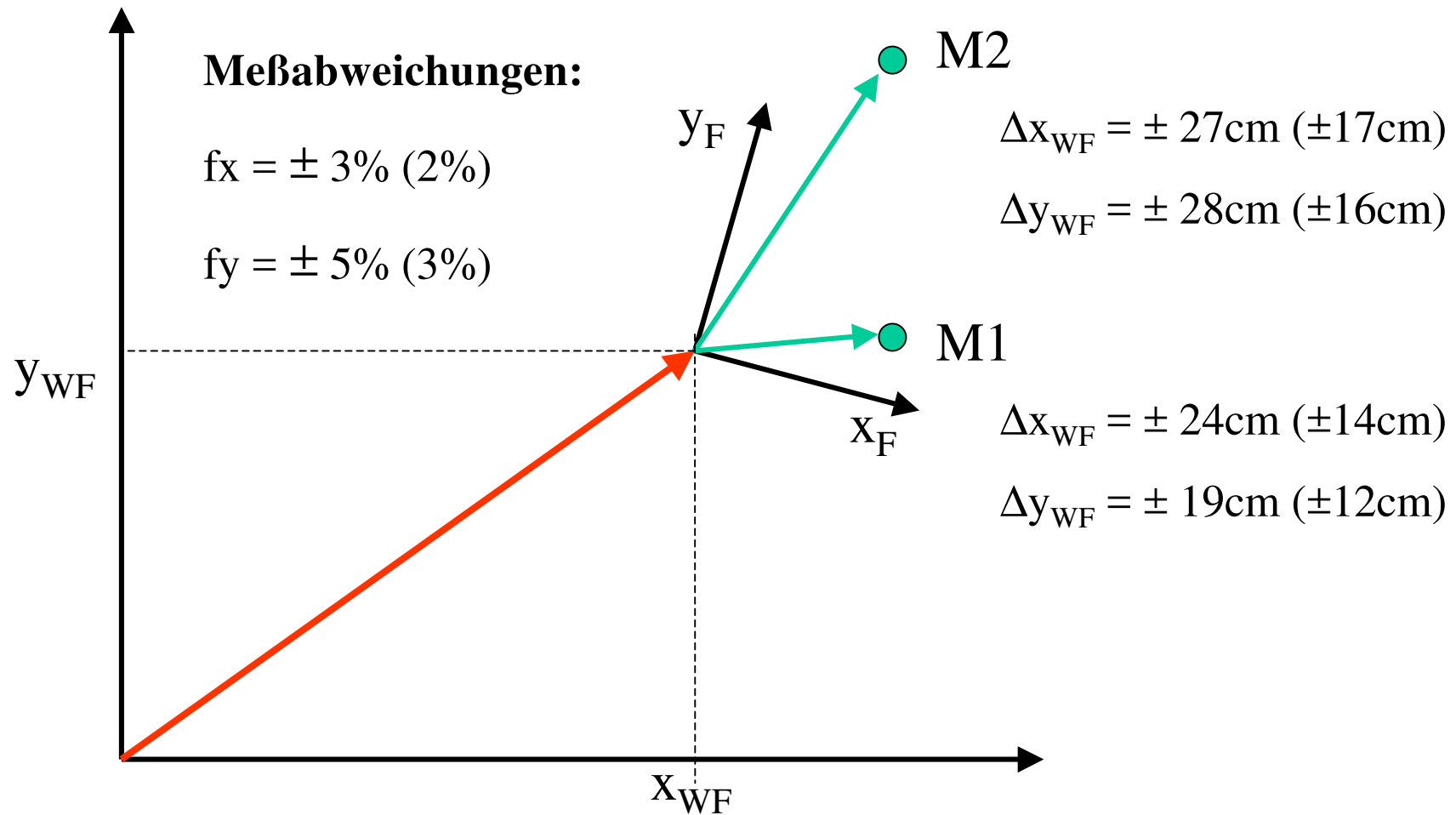
$$\Delta \tan \varphi = \frac{\partial \tan \varphi}{\partial c} \Delta c + \frac{\partial \tan \varphi}{\partial d} \Delta d \approx \Delta \varphi$$

$$\Delta \varphi \approx \frac{c}{d} \frac{\left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right)}{\left(1 - \frac{b}{a} \frac{c}{d}\right)^2} \left\{ \frac{\Delta c}{c} - \frac{\Delta d}{d} \right\}$$

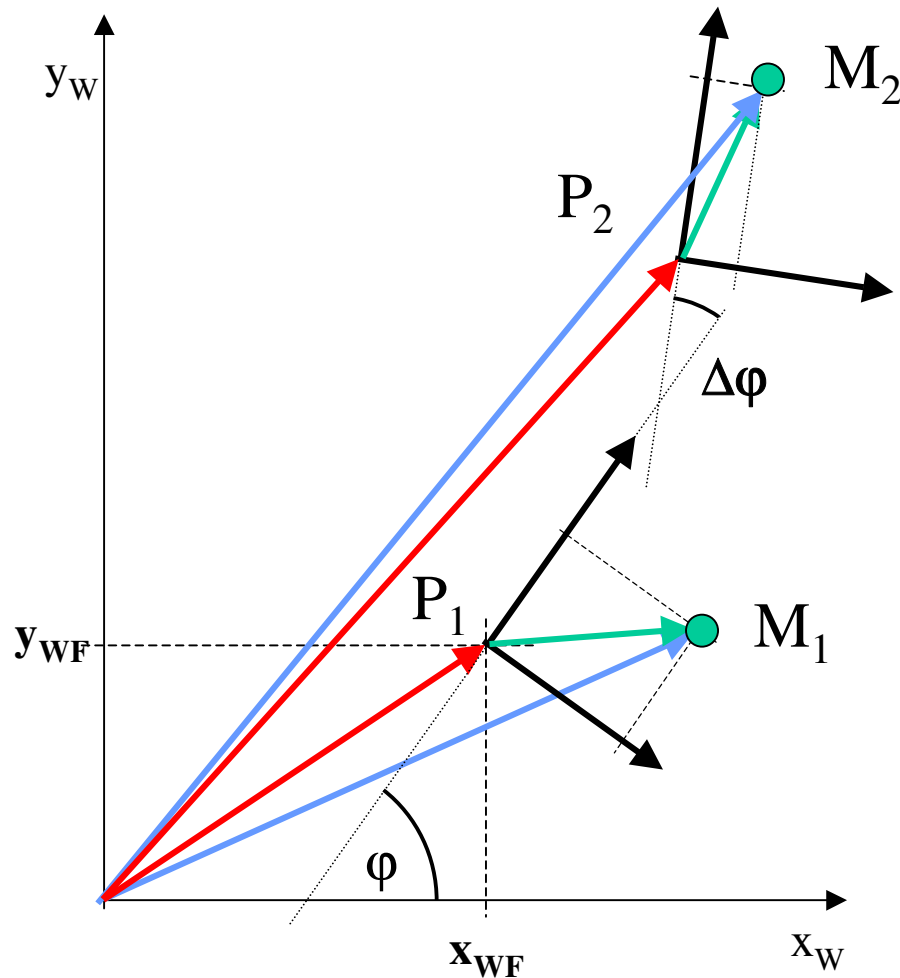
$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\left(\frac{\Delta x_{FM1}}{x_{FM1}} - \frac{x_{FM2}}{x_{FM1}} \frac{\Delta x_{FM2}}{x_{FM2}} \right)}{\left(1 - \frac{x_{FM2}}{x_{FM1}} \right)}$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\left(\frac{\Delta y_{FM1}}{y_{FM1}} - \frac{y_{FM2}}{y_{FM1}} \frac{\Delta y_{FM2}}{y_{FM2}} \right)}{\left(1 - \frac{y_{FM2}}{y_{FM1}} \right)}$$

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren



**Position und Richtung
aus 2 Markenpositionen**

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

$$\vec{p}_1 = \vec{m}_1 - \mathbf{R}(\varphi) \cdot \vec{m}_{F1}$$

$$\vec{p}_2 = \vec{m}_2 - \mathbf{R}(\varphi) \cdot \mathbf{R}(\Delta\varphi) \cdot \vec{m}_{F2}$$

$$(\vec{m}_1 - \vec{m}_2) - (\vec{p}_1 - \vec{p}_2) = \mathbf{R}(\varphi) \cdot \{\vec{m}_{F1} - \mathbf{R}(\Delta\varphi) \cdot \vec{m}_{F2}\}$$

$$\tan \varphi =$$

$$\frac{\{(x_{WM1} - x_{WM2}) - (x_{WF1} - x_{WF2})\} \{x_{FM1} - x_{FM2} \sin \Delta\varphi - y_{FM2} \cos \Delta\varphi\}}{\{(x_{WM1} - x_{WM2}) - (x_{WF1} - x_{WF2})\} \{y_{FM1} - y_{FM2} \sin \Delta\varphi + x_{FM2} \cos \Delta\varphi\}}$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{\{(y_{WM1} - y_{WM2}) - (y_{WF1} - y_{WF2})\} \{y_{FM1} - y_{FM2} \sin \Delta\varphi + x_{FM2} \cos \Delta\varphi\}}{-\{(y_{WM1} - y_{WM2}) - (y_{WF1} - y_{WF2})\} \{x_{FM1} - x_{FM2} \sin \Delta\varphi - y_{FM2} \cos \Delta\varphi\}} \end{aligned}$$

Positionsbestimmung von Fahrzeugen mit Hilfe von Videosensoren

Zusammenfassung

- Stereo-Videosensoren eignen sich für die Navigation Fahrerloser Fahrzeuge und von Service-Robotern.
- Die Fahrzeugposition kann mit Hilfe natürlicher Landmarken bestimmt werden. Genauigkeit z. Z. $\pm 30\text{cm}$.
- Zur Bestimmung von Position und Richtung sind mindestens 2 Landmarken erforderlich.
- Die sequentielle Erfassung von 2 Landmarken führt zu unpraktikablen Lösungen.