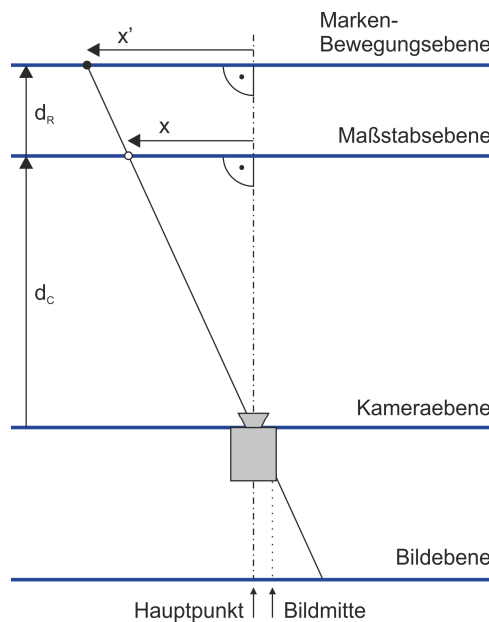


FalCon MovXact – 2D-Bildanalyse FAQ

- *Welche Aufnahmebedingungen müssen für eine spätere 2D-Auswertung vorliegen?*

Prinzip der (monokularen) Abbildung:



Voraussetzungen:

1. Blickrichtung orthogonal zu Maßstabs- und Bewegungsebene, d. h. Bildebene koplanar zu Objektebenen.
2. Maßstab liegt vor, typischerweise anhand von zwei Marken in einer Ebene.
3. Abstände (Tiefen) zu Kamera bekannt.
4. Empfehlenswert:
Kamera ist kalibriert, d. h. auch der Hauptpunkt (siehe unten) ist bekannt.
5. Beachte: Freie, räumliche Bewegungen können nicht korrekt gemessen werden!

Kalibrierschritte von Bild- zu Weltkoordinaten:

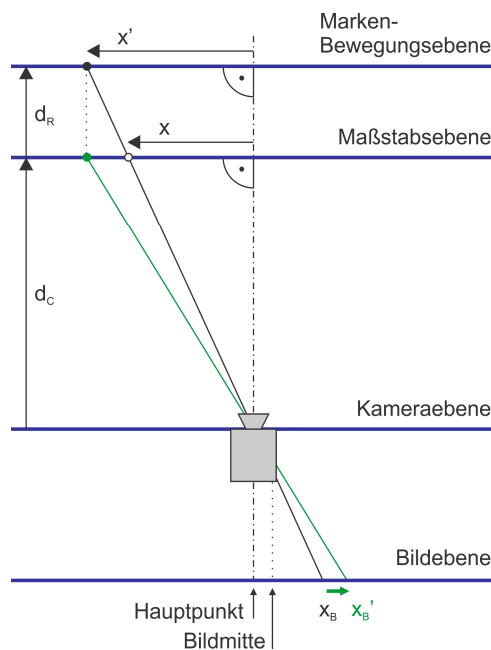
- Verzeichnungskorrektur (Kamerakalibrierung)
- Maßstabsskalierung
- Korrektur der Parallaxenfehler
- freies Koordinatensystem (Ursprung und Ausrichtung)

- **Wie können bei einer 2D-Auswertung Parallaxenfehler bei Marken mit unterschiedlichem Kameraabstand korrigiert werden?**

Prinzip der 2½D-Kalibrierung mit bekannten Tiefenwerten:

Korrektur der Bildkoordinaten
analog zu Rückprojektion von Bild in Markenebene:

Messwert im Bild	x_{Bild}	[Pixel]
Absolute Tiefe	d_c	Kamera zu Maßstab-Ebene
Relative Tiefe	d_r	Objekt zu Maßstab-Ebene
mit Ähnlichkeitssatz	$x' / x = (d_r + d_c) / d_c$	
Korrekturfaktor	$K = (d_r + d_c) / d_c$	
Bildmitte	$x_{\text{Bildmitte}}$	
Hauptpunkt relativ zu Bildmitte	Δx_{HP}	
Hauptpunkt absolut	$x_{\text{HP}} = x_{\text{Bildmitte}} + \Delta x_{\text{HP}}$	
Parallaxenkorrektur	$x'_{\text{Bild}} = K * (x_{\text{Bild}} - x_{\text{HP}}) + x_{\text{HP}}$	

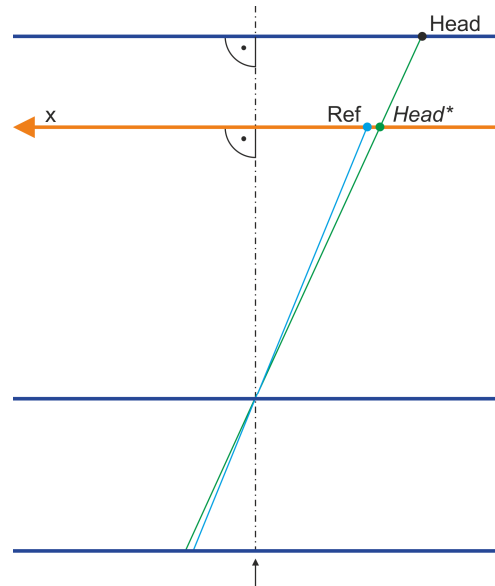


Maßstabsskalierung: [Pixel] \Leftrightarrow [m]

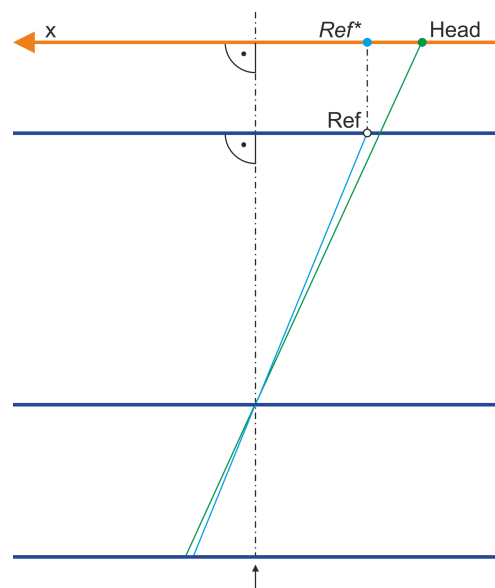
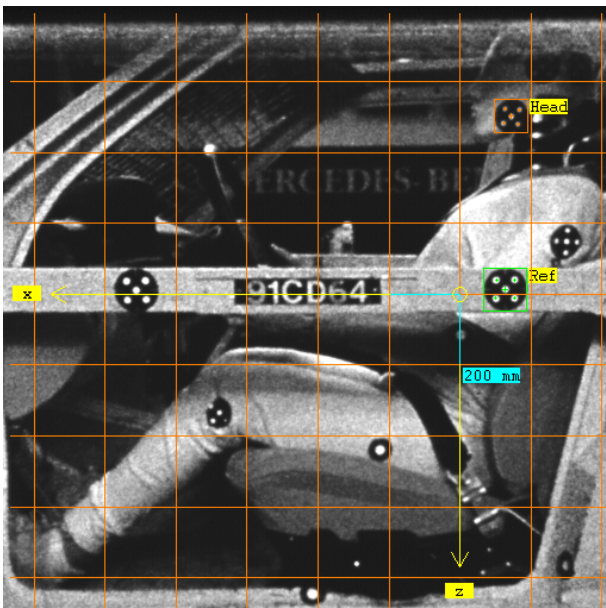
Messwert in Ebene $x'_{\text{Objekt}} = \text{scale} * x'_{\text{Bild}}$

mit Maßstab $\text{scale} = \Delta s_{\text{Ebene}} / \Delta s_{\text{Bild}}$

Effekt der Parallaxen bei der visuellen Prüfung:



- Koordinatensystem-Ursprung = Marke *Ref* mit einem Kameraabstand von 1.000 mm.
- Maßstabgitter und Koordinatensystem sind gültig in der Ebene der Marke *Ref*.
- Marke *Head* hat einen Abstand von 1.300 mm zur Kamera, also einen Relativabstand zu Ebene *Ref* von 300 mm.
- Marke *Head* scheint (**ohne** Berücksichtigung der Parallaxen!) bei $x = -20$ mm zu liegen.



- Nun sind Maßstabgitter und Koordinatensystem (inkl. scheinbar verschobenem Ursprung) entsprechend der Tiefe der Markenebene *Head* eingezeichnet.
- Marke *Head* wird nun visuell korrekt (**mit** Berücksichtigung der Parallaxen!) bei $x = -150$ mm angezeigt.

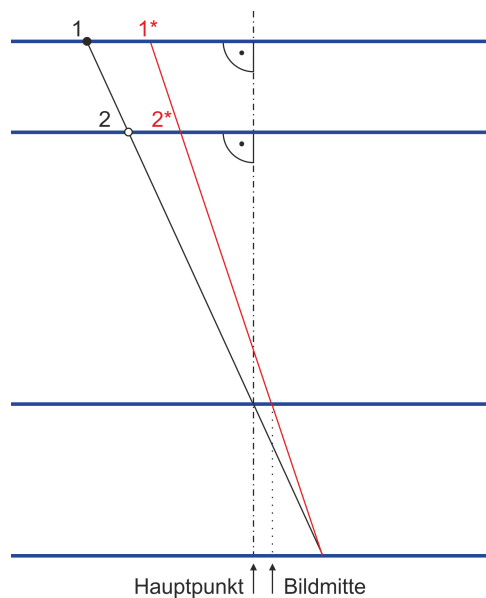
- **Was versteht man unter dem Hauptpunkt einer Kamera und wie wirkt er sich auf die Rückprojektion aus?**

Der **Hauptpunkt** ist das reale Zentrum der optischen Achse in der Bildebene.

Er wird bestimmt durch mechanische und optische Eigenschaften des Objektivs sowie durch eine nicht zentrierte Montage des Kamerasensors.

Er weicht im Allgemeinen von der numerischen Bildmitte ab.

Über eine Kamerakalibrierung werden nicht nur die Verzeichnungsparameter sondern auch der Hauptpunkt bestimmt.

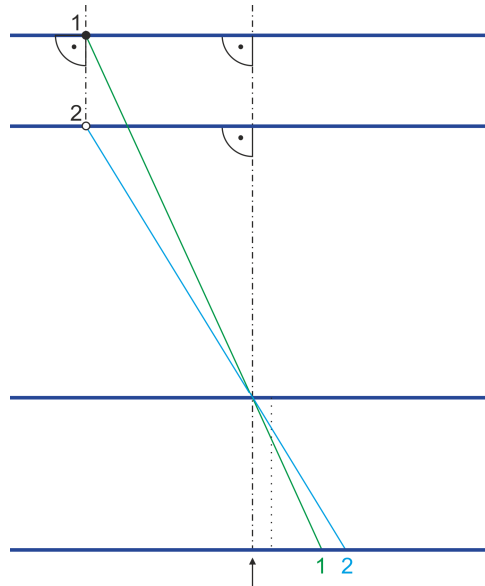


Objektpunkt 1 und 2 weisen unterschiedliche (Welt-)x-Koordinaten auf.

Sie liegen auf dem gleichen Sichtstrahl und werden somit auf den gleichen Bildpunkt abgebildet.

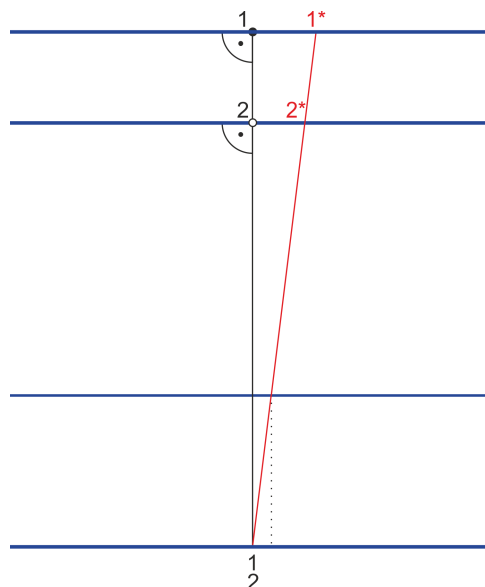
Bei der **Rückprojektion** ohne Berücksichtigung des realen Hauptpunkts, d. h. unter Annahme der Bildmitte als Projektionszentrum, entstehen Fehler. Diese Fehler sind im Bereich um die Bildmitte am höchsten.

- **Wie werden Objektpunkte mit gleicher x-Koordinate und unterschiedlichen Tiefen abgebildet?**



Im Allgemeinen werden sie auf unterschiedliche Bildpunkte abgebildet.

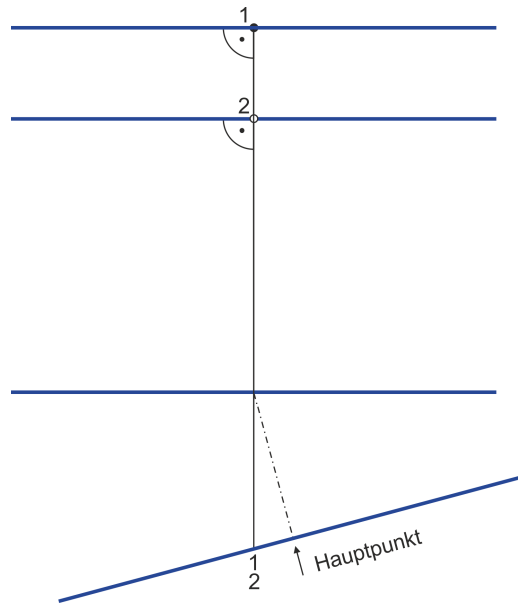
Ihr Abstand im Bild wird bei abnehmender x-Koordinate kleiner, so dass ...



zwei Punkte auf dem Sichtstrahl (= "fluchtende Punkte") auf den gleichen Bildpunkt und zwar auf den Hauptpunkt abgebildet werden.

In diesem Fall ist der Fehler bei **Rückprojektion** unter Annahme der Bildmitte als Projektionszentrum augenfällig. Die gemessenen x-Objektkoordinaten sind zudem verschieden.

- **Die Abbildung zweier "fluchtenden Punkte" weicht vom kalibrierten Hauptpunkt ab bzw. die Rückprojektion von Bildpunkten führt trotz genauer Werte für Hauptpunkt und Tiefenabständen zu ungenauen Koordinaten:
 Warum?**



Ursache kann eine Abweichung von der orthogonalen Blickrichtung der Kamera sein. Schon ein kleiner Nick- oder Gierwinkel führt zu einer Verschiebung des projizierten Bildpunkts (1&2).

Abhilfe bei kleinen Winkelfehlern:

- Verwendung des projizierten Bildpunkts (1&2) als korrigierter Hauptpunkt.
- Verwendung einer kalibrierten Kamera-Position
 = Berechnung der äußeren Orientierung anhand von bekannten 3D-Passpunkten.
 (Option zur 2D-MovXact-Lizenz!)