

Zentralprojektion

Optische Abbildung

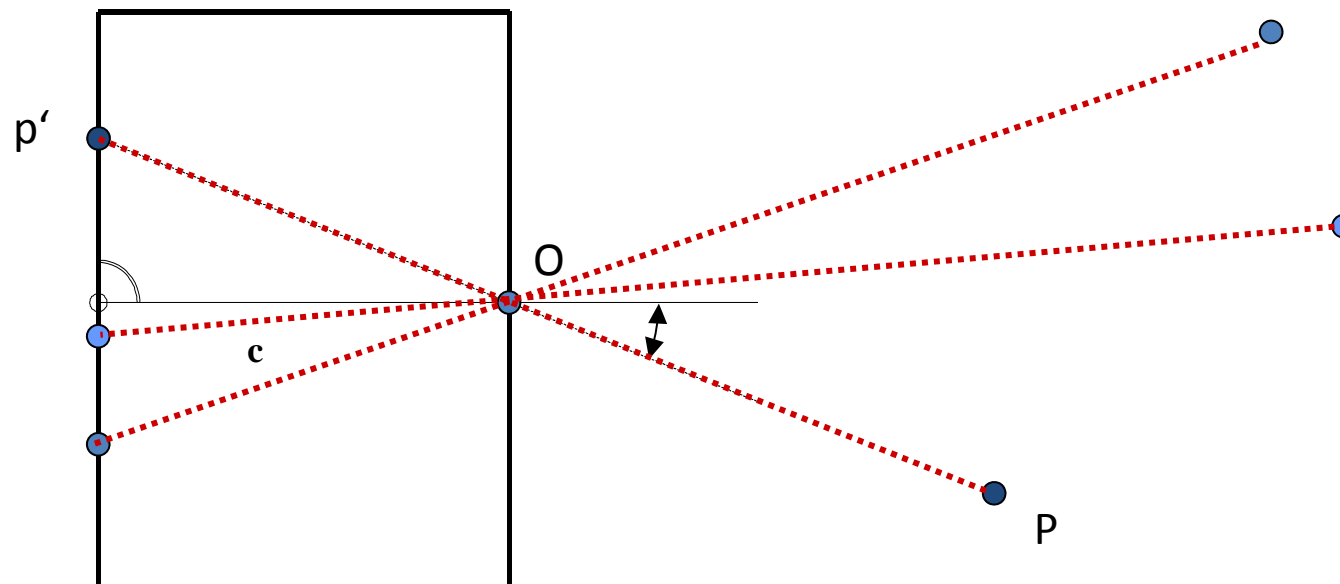


Optische Abbildung mittels **Lochkammer**. ∞ kleines Loch bildet das Projektionszentrum.

Die optische Achse steht \perp zur Bildebene und geht durch das Projektionszentrum.

Alle einfallenden Strahlen gehen zentral durch das Projektionszentrum \rightarrow

Zentralprojektion

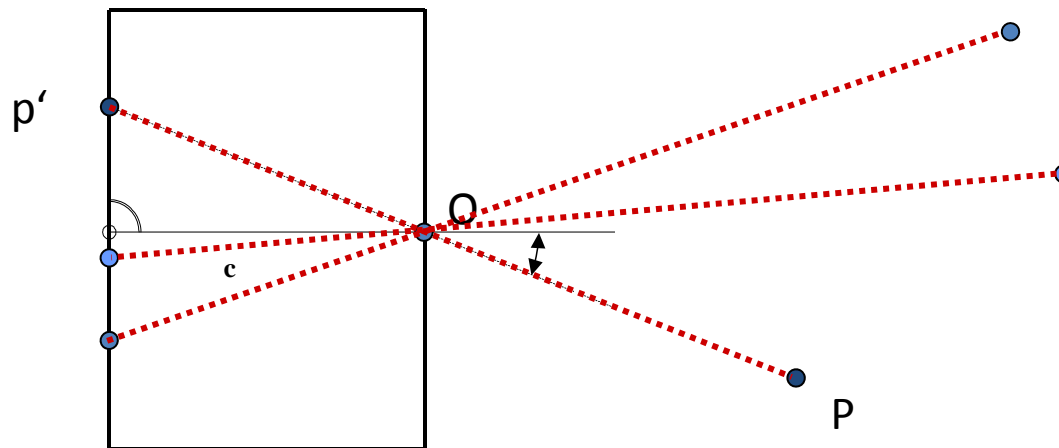


Zentralprojektion



Objektpunkt, Projektionszentrum und Bildpunkt liegen auf einer Geraden (kollinear) → **Kollinearitätsbedingung**.

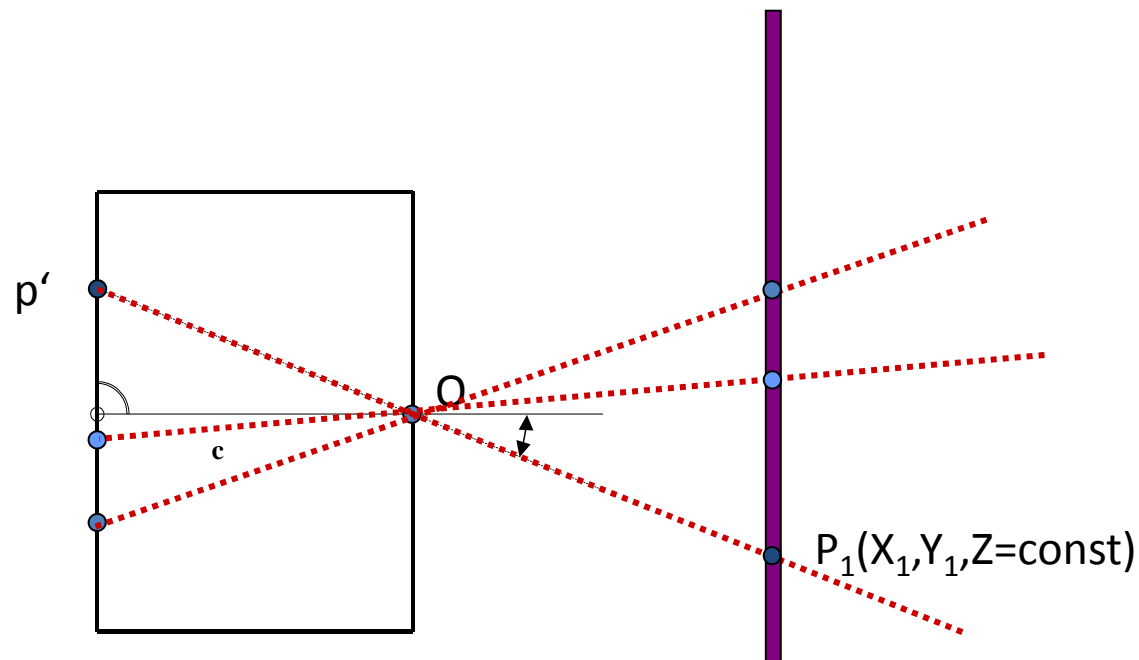
Die Abbildung ist eindeutig, aber nicht umkehrbar eindeutig.



Zentralprojektion



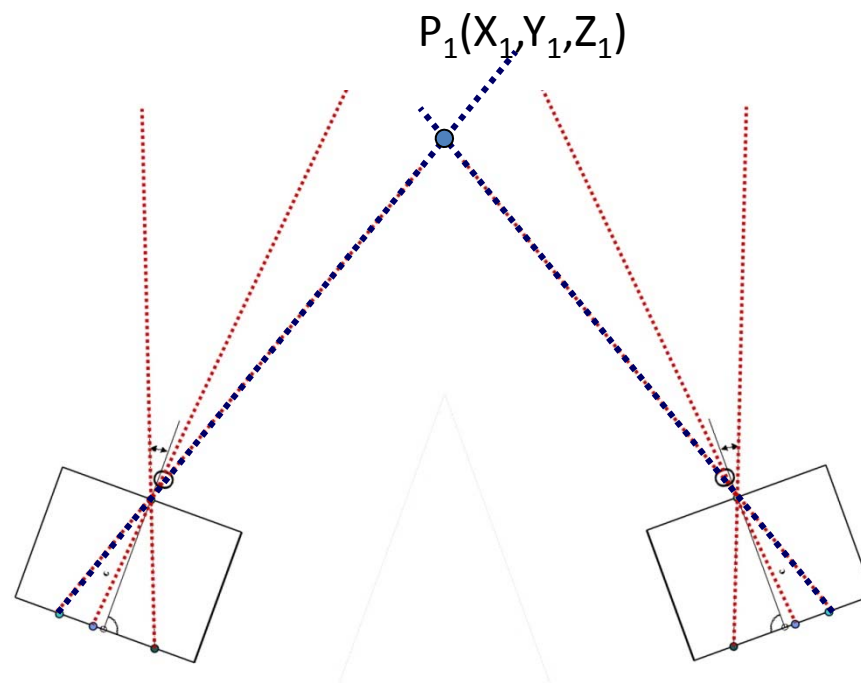
Erst durch den Schnitt des Raumstrahls mit einem bekannten geometrischen Element (z. B. Ebene) lässt sich der Objektpunkt P bestimmen.



Zentralprojektion



Ein bekanntes geometrisches Element kann auch durch einen zweiten Raumstrahl ersetzt werden.

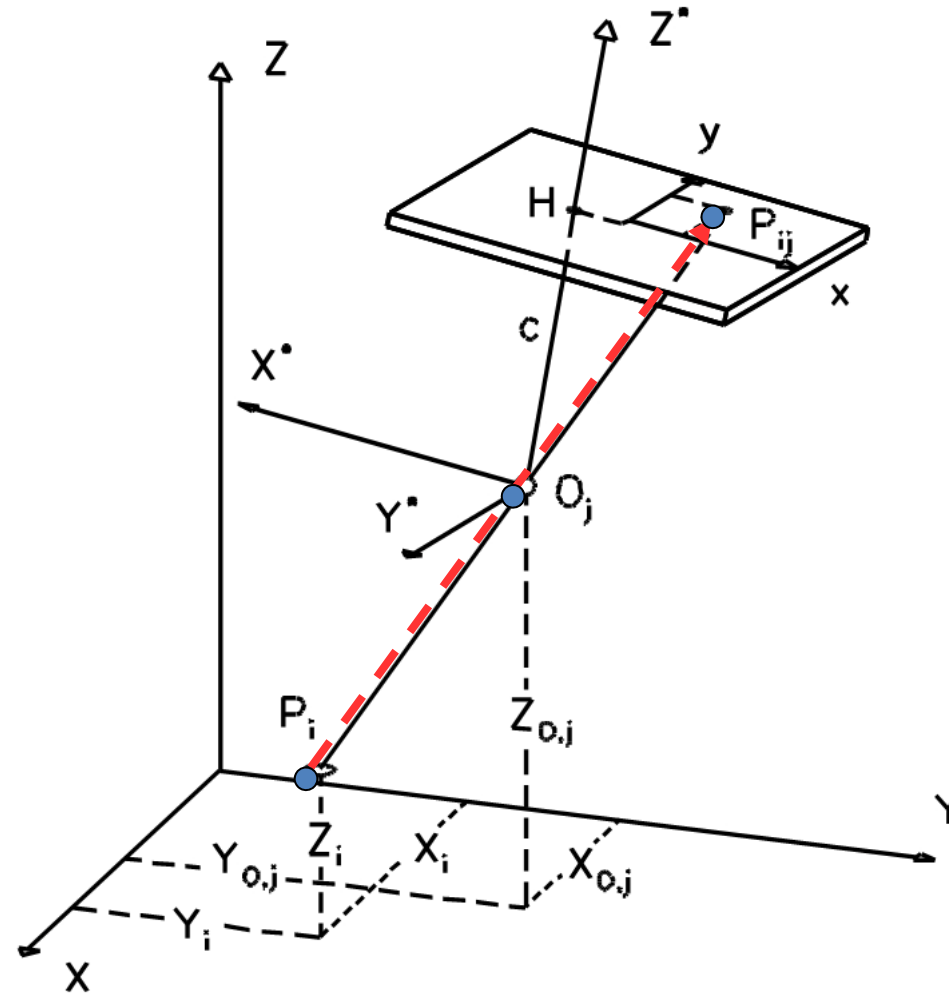


Zentralprojektion



- Das Modell der Zentralprojektion ist Grundlage für viele photogrammetrische Anwendungen.
- Die Kollinearitätsbedingung beschreibt die Transformation von Objektpunkten (X,Y,Z) in entsprechende Bildkoordinaten (x',y') unter Kenntnis der inneren und äußeren Orientierung (der Kamera).

Zentralprojektion



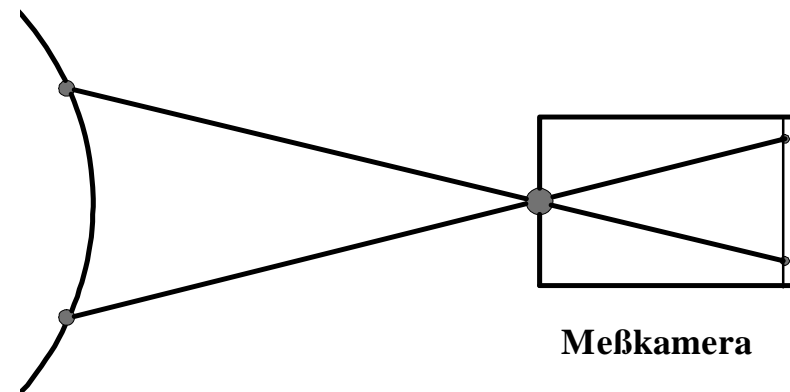
Metrische Kamera (Definition der Inneren Orientierung)

Kamera-Bauarten



Messkamera:

Mechanisch stabiles
(schweres)
Aufnahmegerät, das auf
Grund seiner besonderen
konstruktiven Merkmale
über konstante Elemente
der Inneren Orientierung
verfügt.

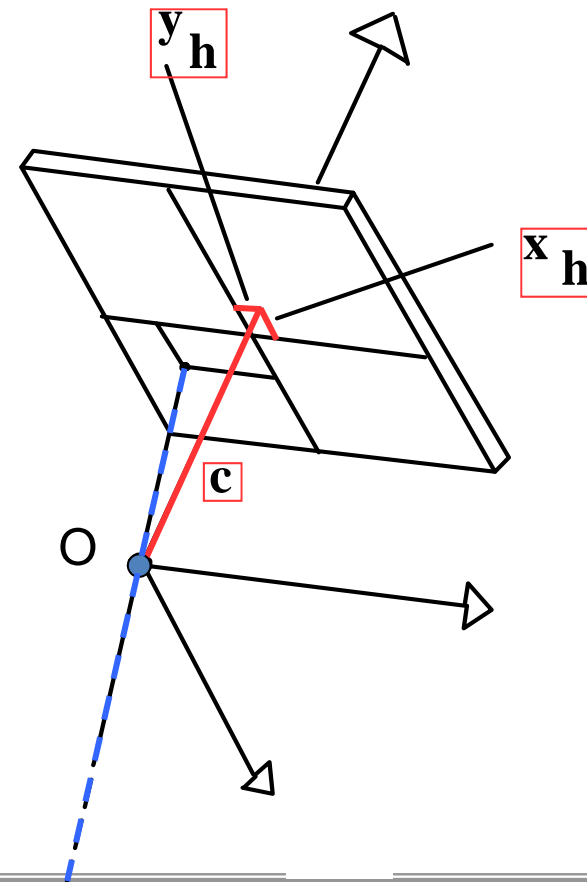


Innere Orientierung



Die Parameter der Inneren Orientierung beschreiben die Lage des Projektionszentrums (O) im kamerafesten Bildkoordinatensystem sowie Abweichungen vom mathematischen Modell der Zentralperspektive.

- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)
- Verzeichnung (dr)

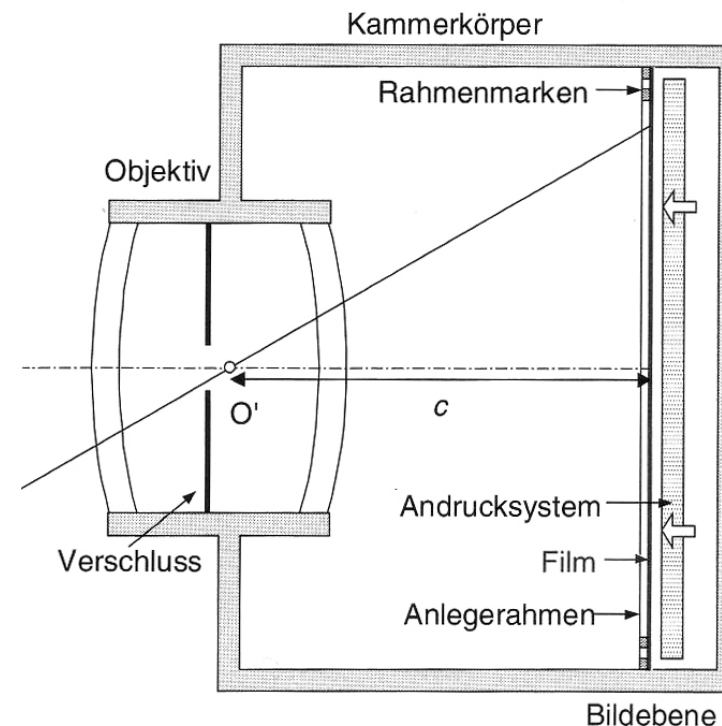


Kamera-Bauarten



Messkamera:

Mechanisch stabiles
(schweres)
Aufnahmegerät, das auf
Grund seiner besonderen
konstruktiven Merkmale
über konstante Elemente
der Inneren Orientierung
verfügt.

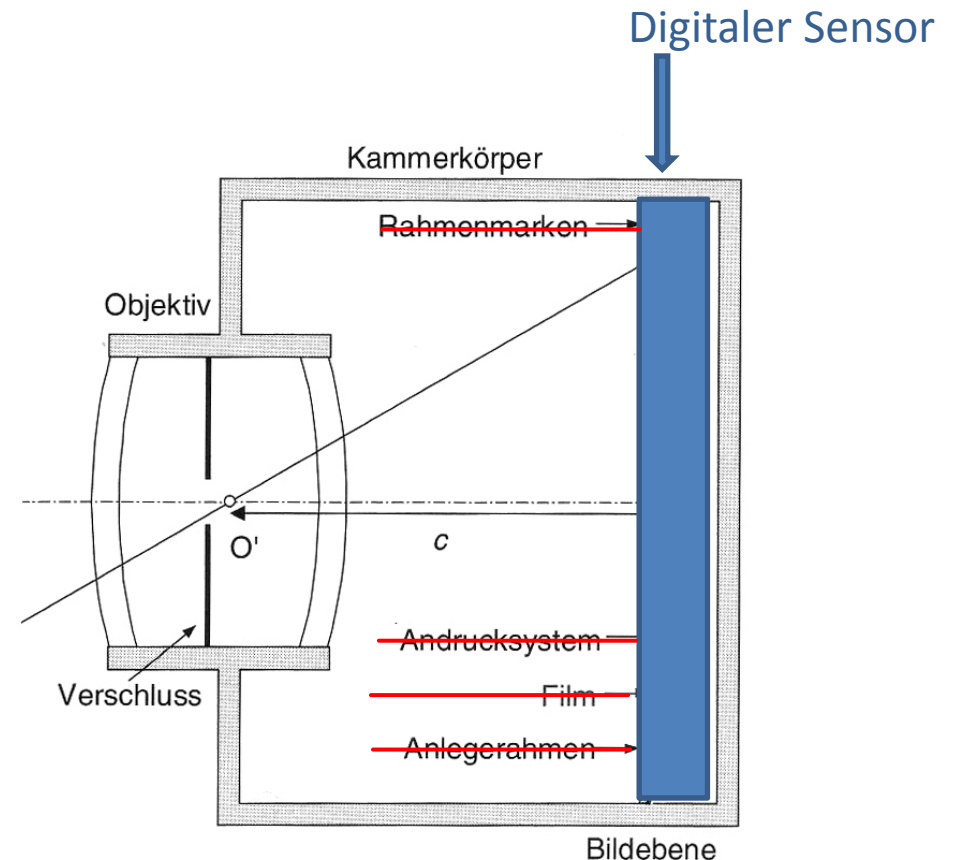


Metrische Kamera



Messkamera:

Mechanisch stabiles
(schweres)
Aufnahmegerät, das auf
Grund seiner besonderen
konstruktiven Merkmale
über konstante Elemente
der Inneren Orientierung
verfügt.



Kamera-Bauarten



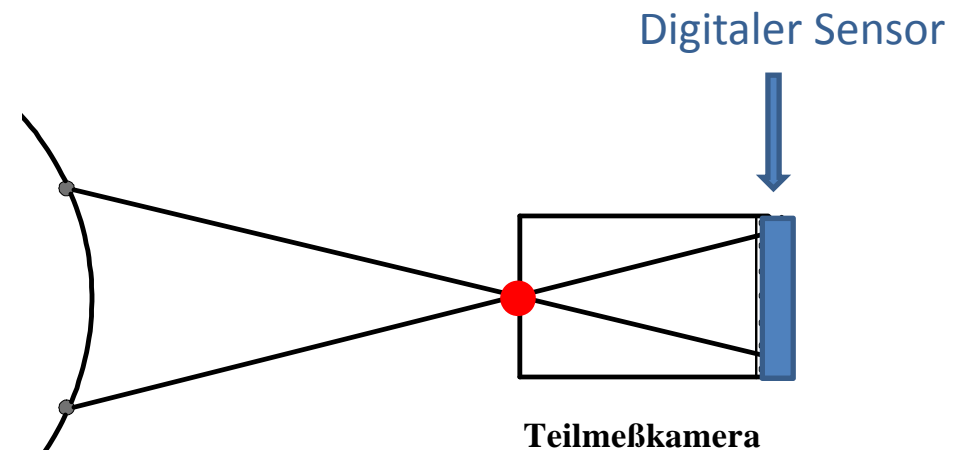
Teil-Messkamera:

Aufnahmegerät das i.a. auf vorhandenen, qualitativ hochwertigen Kameras aufbaut und durch Adaption eines Bildkoordinatensystem (z.B. Réseau) messtauglich wird.

Auf Grund seiner konstruktiven Merkmale sind einzelne Parameter der Inneren Orientierung als nicht (oder nur bedingt) konstant anzusehen.

Diese Elemente sind:

- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)



Kamera-Bauarten

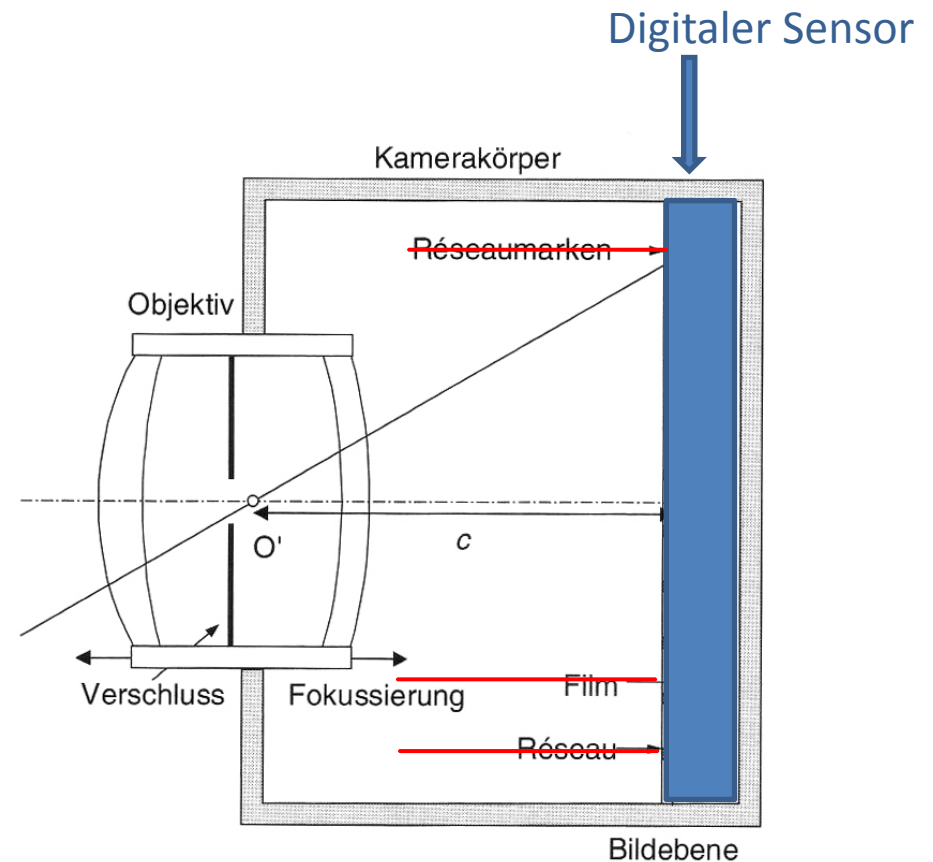


Teil-Messkamera:

Aufnahmegerät das i.a. auf vorhandenen, qualitativ hochwertigen Kameras aufbaut und durch Adaption eines Bildkoordinatensystem (z.B. Réseau) messtauglich wird.

Auf Grund seiner konstruktiven Merkmale sind einzelne Parameter der Inneren Orientierung als nicht (oder nur bedingt) konstant anzusehen. Diese Elemente sind:

- Kammerkonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)



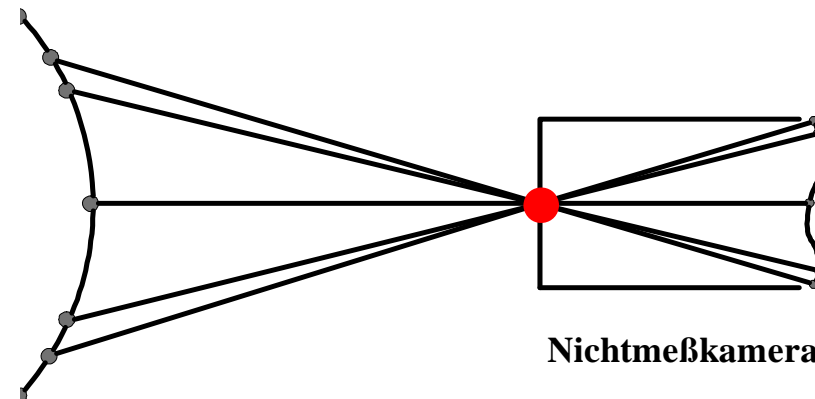
Kamera-Bauarten



Nicht-Messkamera:

Beliebige Photoapparate, die nicht speziell für photogrammetrische Messungen vorbereitet sind.

Die Inneren Orientierungselemente sind nicht konstant. Das Aufnahmegerät verfügt über kein fest definiertes Bildkoordinatensystem.



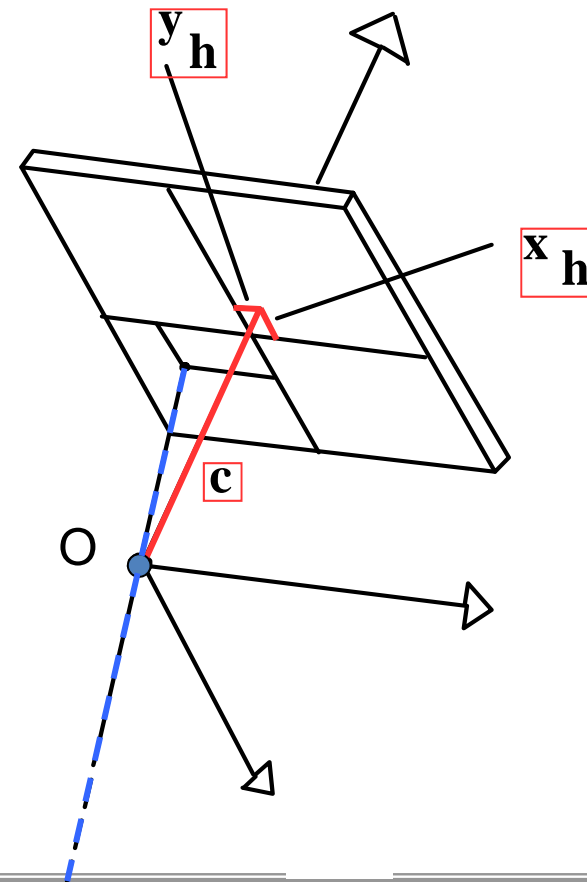
**Kein Einsatz im konventionellen
Luftbildbereich**

Innere Orientierung



Die Parameter der Inneren Orientierung beschreiben die Lage des Projektionszentrums (O) im kamerafesten Bildkoordinatensystem sowie Abweichungen vom mathematischen Modell der Zentralperspektive.

- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)
- Verzeichnung (dr)

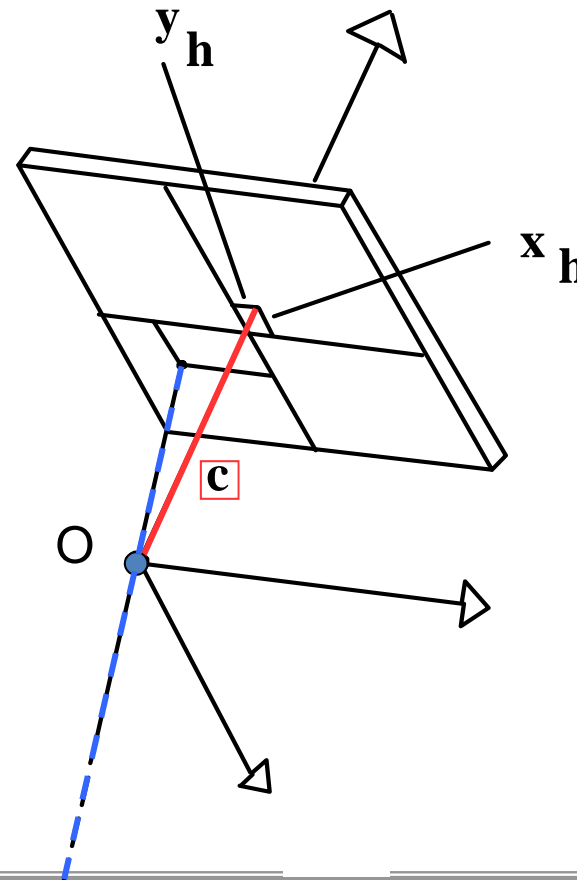


Innere Orientierung



Kammerkonstante (c):

Lotrechter Abstand
Projektionszentrum - Bildebene;
entspricht näherungsweise der
Objektivbrennweite.



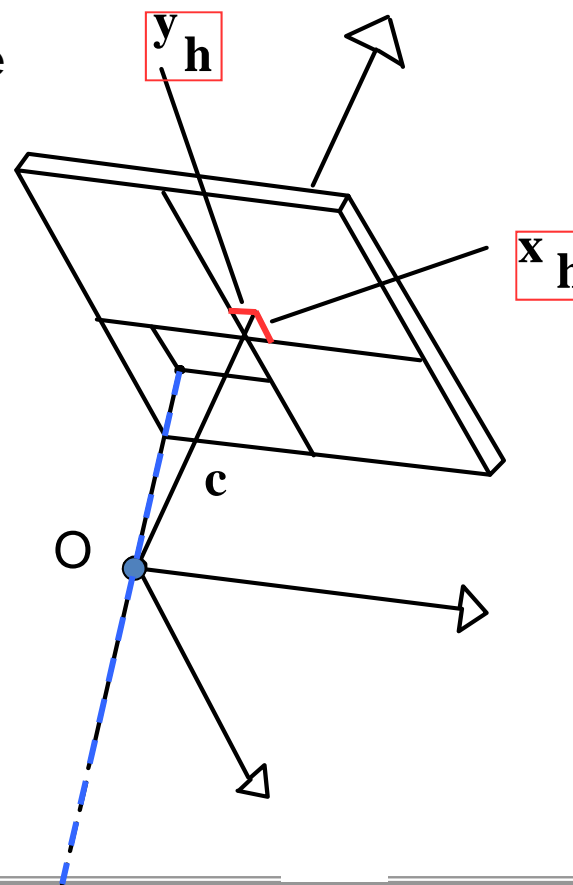
- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)
- Verzeichnung (dr)

Innere Orientierung



Hauptpunktlage (x_H, y_H):

Durchstoßpunkt des Lotes vom Projektionszentrum durch die Bildebene; entspricht näherungsweise dem Bildmittelpunkt (x_M, y_M).



- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)
- Verzeichnung (dr)

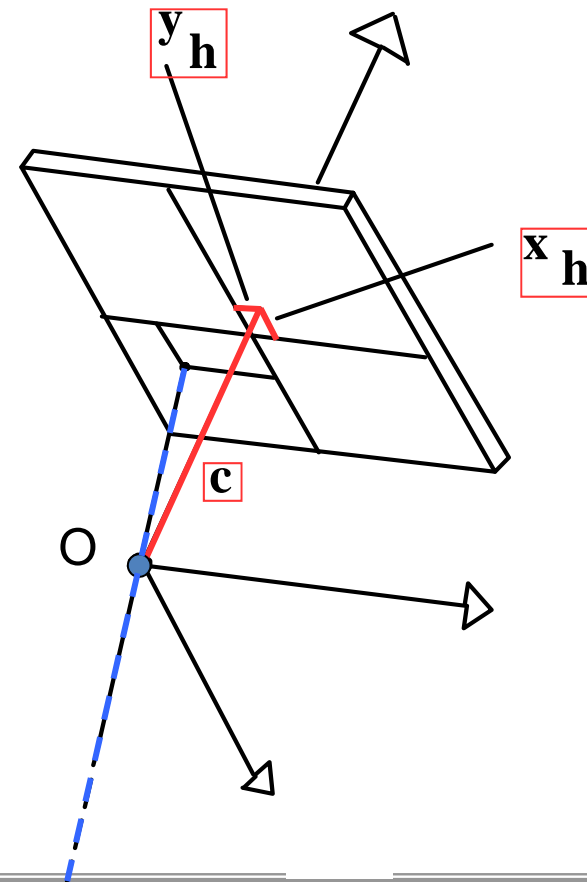
Innere Orientierung



Verzeichnung (dr):

Eigenschaft der Optik, Objektpunkte im Bild(raum) radial versetzt abzubilden. Der Effekt ist im Wesentlichen radial-symmetrisch.

- Kamerakonstante (c)
- Hauptpunktlage (x_H, y_H)
- **Verzeichnung (dr)**



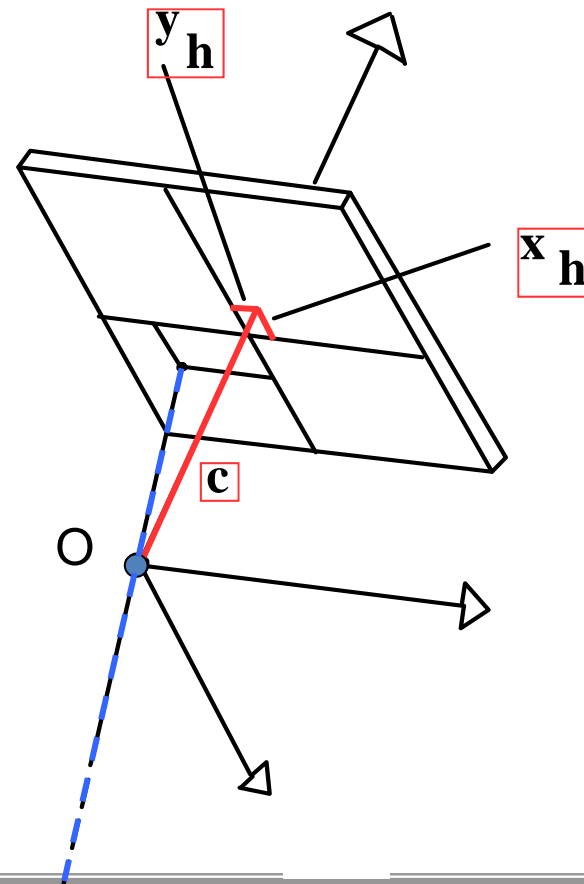
Rad.-sym. Verzeichnung



Die radial-symmetrische Verzeichnung stellt den größten Einfluss unter den Abbildungsfehlern dar.

Sie entsteht durch Brechungsänderungen an den Linsen des Objektivs.

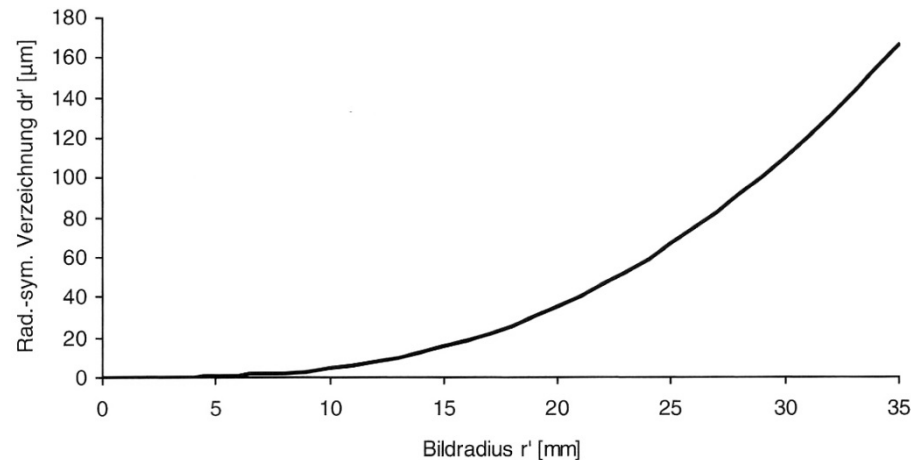
Sie ist abhängig von der Fokussierung als auch von der Objektentfernung bei konstanter Fokussierung.



Rad.-sym. Verzeichnung



- Die radial-symmetrische Verzeichnung wächst mit zunehmendem Abstand vom Bildhauptpunkt.



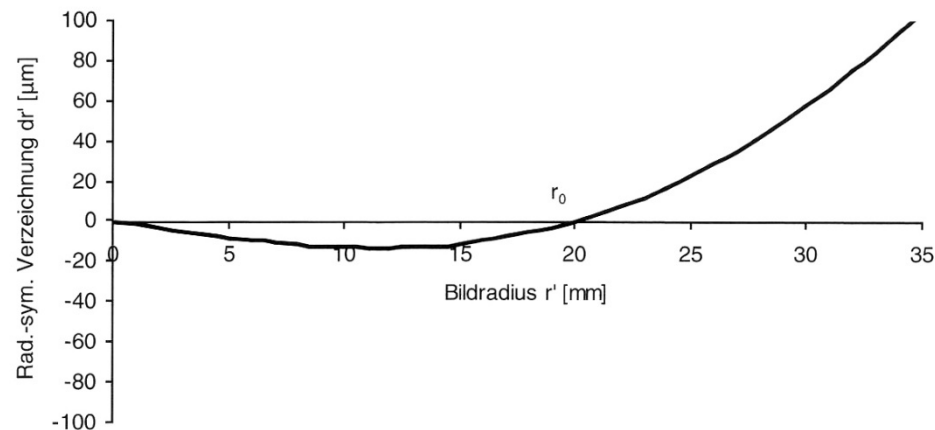
- Radial-symmetrische Verzeichnung ist charakteristisch für den speziellen Objekttyp.
- Sie wird üblicherweise über eine Reihenentwicklung dargestellt.

$$\Delta r'_{rad} = A_1 \cdot r'^3 + A_2 \cdot r'^5 + A_3 \cdot r'^7 + \dots$$

Rad.-sym. Verzeichnung



- Ein linearer Anteil wird abgespalten, um Korrelationen zwischen Bildmaßstab und Kamerakonstante zu vermeiden.



$$\Delta r'_{rad} = K_0 \cdot r' + K_1 \cdot r'^3 + K_2 \cdot r'^5 + K_3 \cdot r'^7$$

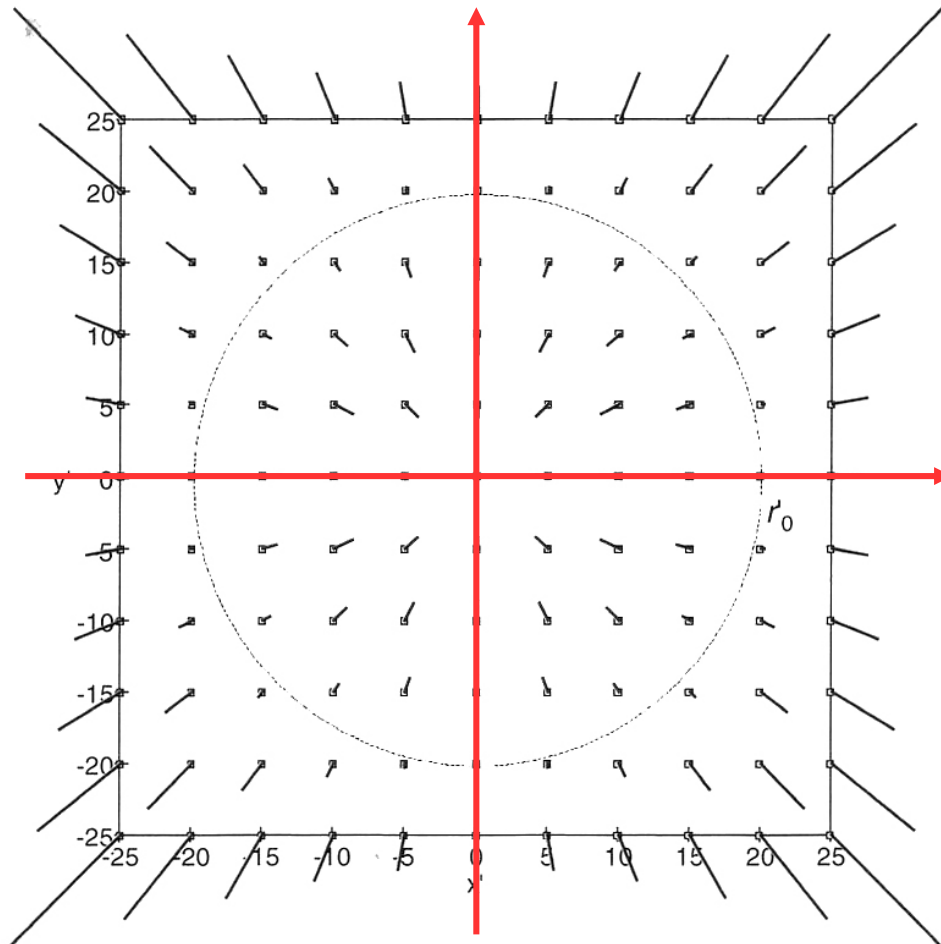
Rad.-sym. Verzerrung



- Eine allgemein übliche Darstellung erfolgt über ein Polynom

$$\Delta r'_{rad} = A_1 \cdot r'(r'^2 - r_0^2) + A_2 \cdot r'(r'^4 - r_0^4) + A_3 \cdot r'(r'^6 - r_0^6)$$

Rad.-sym. Verzeichnung

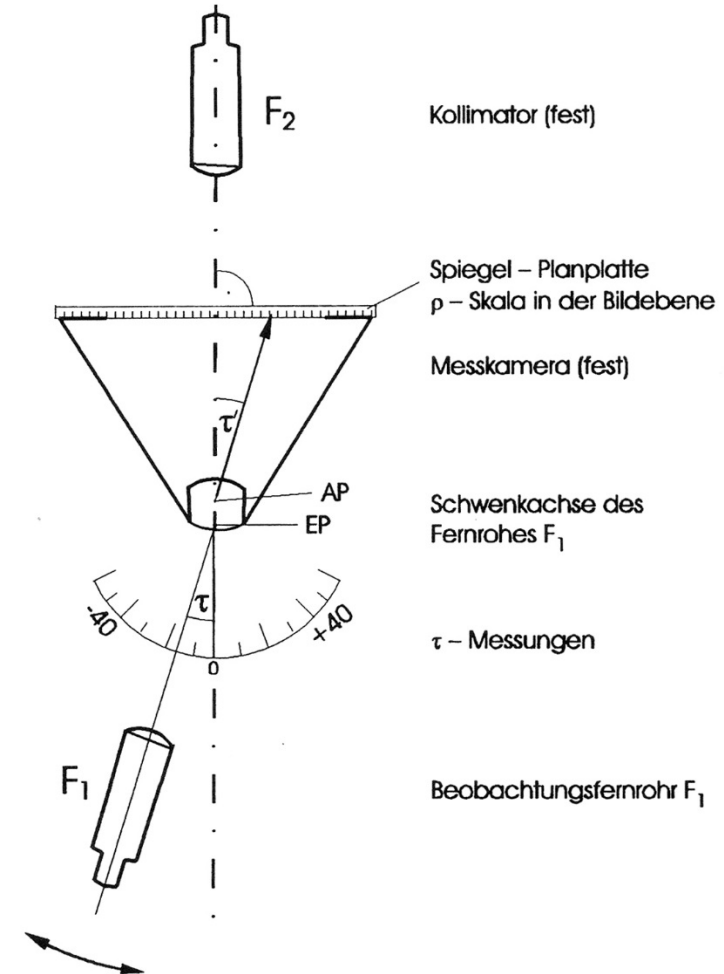


Auswirkungen auf ein
regelmäßiges Punktraster

Kalibrierung



- Die Kalibrierung von Luftbildkameras erfolgt im Labor mit Hilfe eines optischen Goniometers.
- Terrestrische Kameras werden über Testfelder oder im Rahmen eines Projektes kalibriert.



Beispiel Kalibrierprotokoll (terrestrisch)



<i>Kamera: Nikon FM-2</i>	<i>Kameranummer: 8651889</i>	
<i>Objektiv: Nikkor 28mm</i>	<i>Objektivnummer: 826105</i>	
<i>Eigentümer: xyz-company</i>	<i>Entfernungseinstellung : ∞</i>	
<i>Kalibrierdatum: 28.10.2005</i>	<i>Kalibriert durch: Prof. Dr.-Ing. H.-J. Przybilla</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Wert</i>	<i>Standardabweichung</i>
Kamerakonstante (c)	-28.1948 [mm]	0.0060 [mm]
Hauptpunktlage (x0)	0.2382 [mm]	0.0020 [mm]
(y0)	0.0058 [mm]	0.0021 [mm]
Radialsymmetrische Verzeichnung (A1)	-0.858D-04	0.783D-06
(A2)	0.128D-06	0.172D-08
2. Nulldurchgang (R0)	14.0 [mm]	

Beispiel Kalibrierprotokoll



Radius [mm]	Verzeichnung [mm]
0.00	0.000
1.00	0.012
2.00	0.023
3.00	0.033
4.00	0.042
5.00	0.049
6.00	0.054
7.00	0.056
8.00	0.055
9.00	0.052
10.00	0.046
11.00	0.037
12.00	0.026
13.00	0.014
14.00	0.000
15.00	-0.014
16.00	-0.027
17.00	-0.038

