

# Einfaches Verfahren zur Bestimmung der realen Abbildungsfunktion eines (FishEye)-Objektivs

Dr. Harald Schmalfluss\*, Roman Kronenberg\*\*

\*jhschmalfluss, Hof

\*\*Lensation GmbH, Karlsruhe

<mailto:jhs@jhschmalfluss.com>

Werden Objektive, insbesondere Fisheye-Objektive, in Stereokamerasystemen eingesetzt, so ist die Kenntnis der realen Abbildungsfunktion der Objektive wichtig für die Stereobildfusion. Wir berichten über ein einfaches Laborverfahren, diese Abbildungsfunktion inklusive der dazugehörigen Verzeichnung messtechnisch zu erfassen.

## 1 Einführung

Die „normale“ Abbildungsfunktion eines Objektivs ist die gnomonische bzw. reclinare Funktion:

$$r(\Theta) = f * \tan(\Theta) \quad (1)$$

mit  $\Theta$  = objektseitiger Winkel  
 $f$  = Brennweite des Objektivs  
 $r$  = Bildpunkt, wenn Objekt im  $\infty$

Der maximal erreichbare FOV (Field of view) liegt bei circa 120°.

Für Objektive mit größerem FOV findet man in der Literatur noch folgende Typen:

Stereographic projection:

$$r(\Theta) = f * \tan(\Theta/2) \quad (2)$$

Equidistance projection / f-Theta:

$$r(\Theta) = f * \Theta \quad (3)$$

Equisolid angle projection:

$$r(\Theta) = 2 f * \sin(\Theta/2) \quad (4)$$

Orthographic projection:

$$r(\Theta) = f * \sin(\Theta) \quad (5)$$

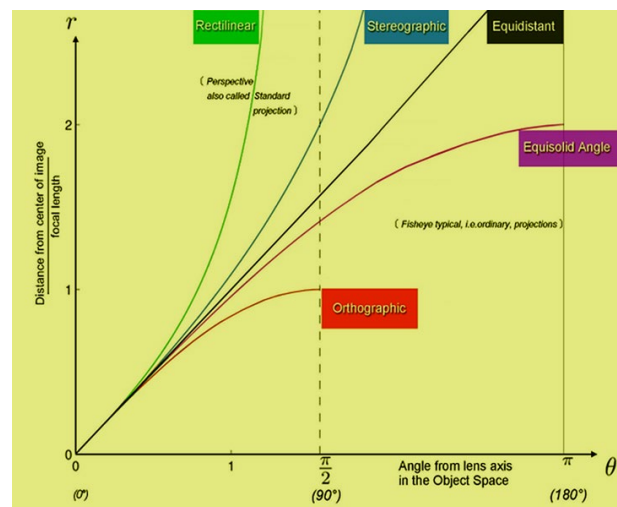
Bild 1 zeigt die Funktionen normiert auf  $f$ .

Das „wahre“ Leben findet zwischen den beiden Extremfunktionen statt.

In Optikdesignprogrammen wird in der Regel die gerechnete Abbildungsfunktion relativ zu Gnomonisch oder f-Theta angegeben.

Die radiale Distortion bezieht sich dann auf eine dieser beiden Grundfunktionen.

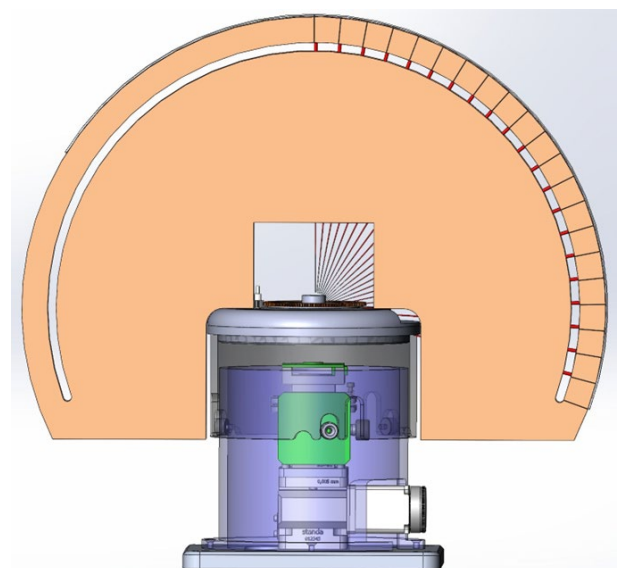
Setzt man z.B. die Objektive paarweise in einer Stereoanwendung ein, dann sollten die Abbildungsfunktionen bekannt und gleich sein.



1 Abbildungsfunktionen

## 2 Messtechnik

Bild 2 zeigt schematisch unsere Anordnung:

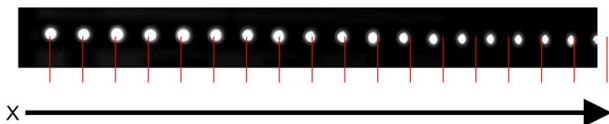


2 Messanordnung

Handelsübliche LED-Streifen bilden ein Kreissegment im Abstand von 200 mm. Die LEDs haben einen Winkelabstand von 3,1° und „zielen“ auf die

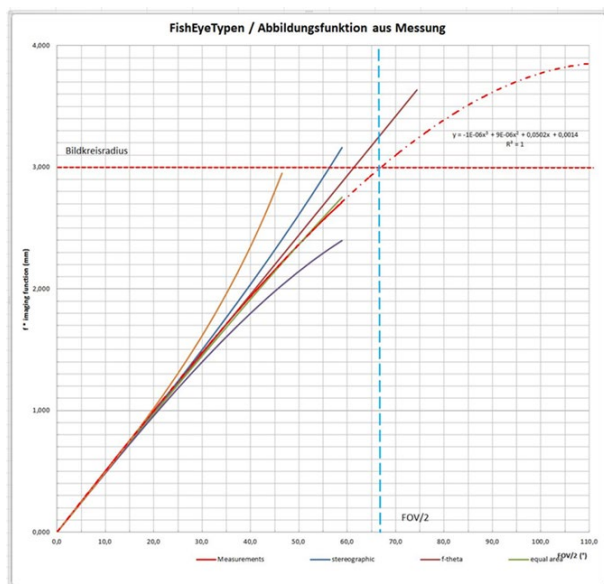
Eintrittspupille des zu untersuchenden Objektivs. Der Sensor, z.B. 5MP mit 2,2 µm Pixelabstand, befindet sich unter dem Objektiv. Der Sensor wird in der z-Achse verfahren und so fokussiert.

Bild 3 zeigt beispielhafte LED-Bilder auf dem Sensor.



3 LED-Bilder auf dem Sensor

Die radialen Positionen der Schwerpunkte der LED-Bilder werden dann z.B. in die folgende Grafik 4 übernommen:



4 Grafik der Messkurve (rot)

Durch Verschieben der Grafik in x wird erreicht, dass die Funktion durch den Nullpunkt geht.

Eine multiplikative Korrektur betrifft die paraxiale Brennweite des Objektivs. Sie wird so gefunden, dass der Abstand zur nächsten theoretischen Abbildungsfunktion minimiert wird.

Die Differenzfunktion der korrigierten Messfunktion zur Bezugsfunktion (gnomonisch oder f-theta) ist dann die radiale Distortion/Verzeichnung.

Die gewonnene Messfunktion kann in der Regel durch ein Polynom 3. Grades approximiert werden.

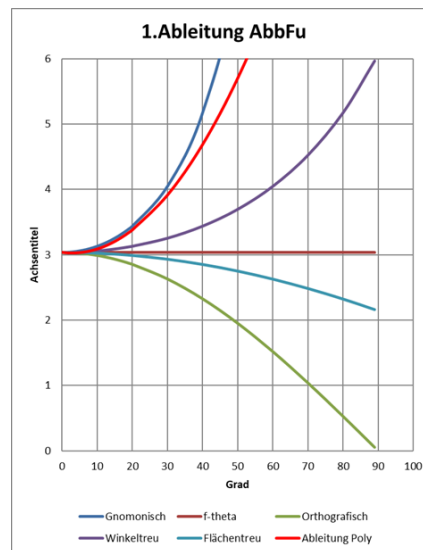
### 3 Brennweitenkontrolle bzw. -bestimmung

Bildet man die 1. Ableitung der Abbildungsfunktion nach  $\Theta$  und lässt den Winkel gegen 0 gehen, dann bleibt nur noch die paraxiale Brennweite  $f$  stehen.

Man kann also dieses Verfahren zur Kontrolle bzw. Bestimmung der Brennweite einsetzen. In der Praxis kann man feststellen, dass die Abweichung der

theoretischen von der realen Brennweite im Bereich von  $\pm 5\%$  liegt.

Bild 5 zeigt die Grafiken der 1. Ableitung:



### 4 Weitere Details und Unterstützung

Für detaillierte Auskünfte und weitere Fragen, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:

Per E-Mail unter <mailto:jhs@jhschmalfuss.com>

Oder siehe:

<https://www.dropbox.com/s/67ib4xifm1g8hab/Abbildungsfunktionen.mp4?dl=0>

<https://www.dropbox.com/s/20ryhw2rzf6x1dy/Praxisorientierte%20MTF-Messung.mp4?dl=0>

### 5 Danksagung

Die Arbeiten wurden bei der Lensation GmbH, Karlsruhe durchgeführt.

### Literatur

[1] Şahin, Cumhur. (2017). The Geometry and Usage of the Supplementary Fisheye Lenses in Smartphones. 10.772/intechopen.69691.

[2] Han Jia, Lijun Lu, and Yiqing Cao, "Modulation transfer function of a fish-eye lens based on the sixth-order wave aberration theory," Appl. Opt. 57, 314-321 (2018)

<https://opg.optica.org/ao/abstract.cfm?URI=ao-57-2-314>

[3] Models for the various classical lens projections

... where fisheye lenses are considered on an equal footing with the others...

[http://michel.thoby.free.fr/Fisheye\\_history\\_short/Projections/Models\\_of\\_classical\\_projections.html](http://michel.thoby.free.fr/Fisheye_history_short/Projections/Models_of_classical_projections.html)

[4] Photographic lenses projections: computational models, correction, conversion...

Fisheye projection: an unknown and neglected species

[http://michel.thoby.free.fr/Fisheye\\_history\\_short/Projections/Fisheye\\_projection-models.html](http://michel.thoby.free.fr/Fisheye_history_short/Projections/Fisheye_projection-models.html)