

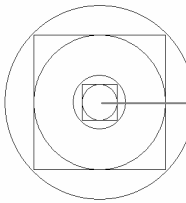
Verzeichnung bei Zoomobjektiven

Ein effizientes Verfahren zur Bewertung von Zoom-Objektiven für digitale SLR - Kameras bezüglich Verzeichnung

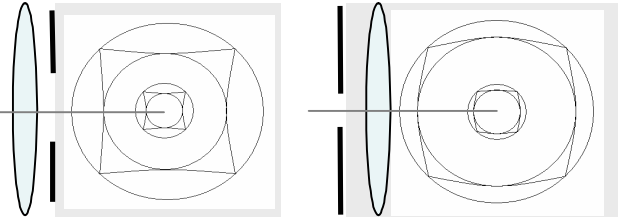


J. Gundermann,
J. Schneider, F. Zoellner,
M. Duparré, R. Kowarschik
Institut für Angewandte Optik,
Universität Jena

Was ist Verzeichnung?



Verzeichnung beschreibt die Abweichung des Abbildungsmaßstabs in Abhängigkeit vom Bildwinkel von einem konstanten Wert. Ausgehend von einer rotationssymmetrischen Abbildung bzgl. der optischen Achse lassen sich zwei konträre Erscheinungen unterscheiden: Nimmt der Abbildungsmaßstab mit größerem Bildwinkel zu, spricht man von kissenförmiger Verzeichnung, andernfalls von tonnenförmiger.

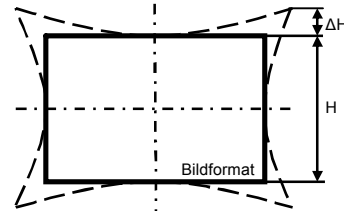


Einfachste Form der Verzeichnung: links kissenförmig, rechts tonnenförmig

Wie bewertet man Verzeichnung?

Besonders in der Anwendung optisch bildgebender Systeme spielt die Verzeichnung eine wichtige Rolle. Deshalb wurden international Messgrößen vereinbart (ISO-Norm 9039), die eine Aussage über die Stärke der Verzeichnung machen. Für einige Linsensysteme im visuellen Bereich (z.B. Fernsehkameras) wurde der **picture height distortion value (PHD)** eingeführt, welcher als Verhältnis der vertikalen Abweichung der Ecke der Abbildung zur Bildhöhe in Prozent angegeben wird. Der Mittelwert der Abweichungen in den vier Ecken ergibt den PHD.

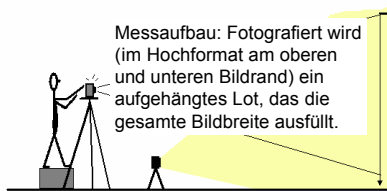
$$PHD = \frac{\Delta H}{H} \times 100$$



Verhältnis von vertikaler Abweichung der Bildecke zur Bildhöhe zur Ermittlung des PHD, eines Wertes zur Charakterisierung der Verzeichnung

Verzeichnung bei Zoomobjektiven

Die im Folgenden vorgestellte Messmethode beschäftigt sich speziell mit der Ermittlung des PHD bei Zoomobjektiven für Spiegelreflexkameras, da dort die Abweichungen in Abhängigkeit von der Brennweite zum Teil erhebliche Verzeichnungen auf dem fotografierten Bild bewirken, was die Bildqualität stark beeinflusst.



Umsetzung: Messaufbau und Auswertung

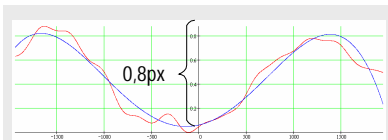
Da sich die Linsenpositionen und damit die Verzeichnung mit der Brennweite ändert, bestimmt man den PHD für drei Brennweiten, die größtmögliche der Kamera, sowie die kleinstmögliche und eine etwa in der Mitte dazwischen. Die Blende soll dabei jeweils maximal geöffnet sein.

Das Bildformat, bzw. dessen Breitseiten, wird im Versuch angenähert durch ein senkrecht aufgehängtes Lot (ca. 4 m), dass am oberen und unteren Bildrand fotografiert wird. Dabei stellt man scharf auf das Lot. Der Abstand zur Wand soll so gewählt werden, dass bei Einstellung der kleinsten Brennweite das obere und untere Ende des Lotes gerade aus dem Sucherbild verschwunden sind.

Die Bilder des oberen und unteren Bildrands werden in ein Computerprogramm eingespeist, welches den Faden ausliest und dessen Lage auf dem Film in Pixelkoordinaten zurückgibt. Die ermittelten Werte werden als Polynom fünften Grades gefittet und aus dem Unterschied zwischen Rand und Mitte ΔH bestimmt. Den PHD erhält man durch Teilung durch die in Pixel angegebene Bildhöhe und der Mittelwertbildung zwischen oberer und unterer Abweichung.

Ergebnisse

Die Methode funktioniert sehr gut für eindeutig kissen- oder tonnenförmige Verzeichnungen, deren Abweichung ΔH im Bild mehr als zwei Pixel beträgt. Dann stimmt der Polynomfit gut mit den gemessenen Werten überein, die Aufnahmen am oberen und unteren Bildrand sind symmetrisch, der PHD-Wert ist aussagekräftig.

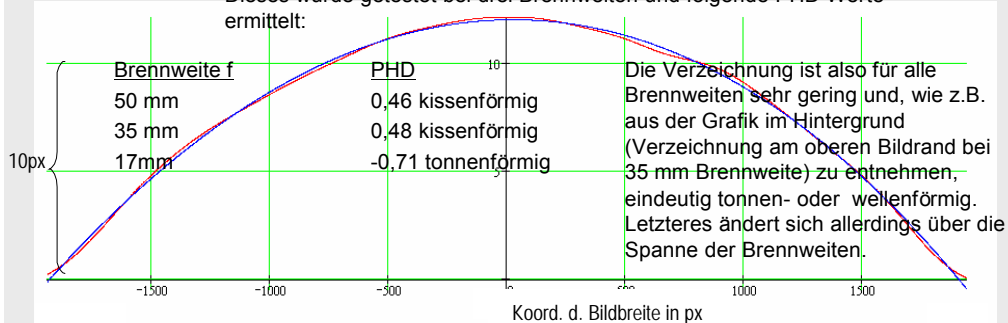


Grenzen des Verfahrens: Die Graphen (rot: tatsächlicher Verlauf, blau: Polynomfit) der Verläufe des Lotes am oberen und unteren Bildrand von einer Brennweite (35mm) einer Kamera. Neben der unterschiedlich starken Abweichung von einem geraden Verlauf (oben <1px, unten >2px) lässt sich im oberen Bild auch keine eindeutige tonnen- oder kissenförmige Verzeichnung erkennen.

Beispiel

Zoomobjektiv für SLR mit 17-50 mm Brennweite, maximales Öffnungsverhältnis 2,8.

Dieses wurde getestet bei drei Brennweiten und folgende PHD-Werte ermittelt:



Die Verzeichnung ist also für alle Brennweiten sehr gering und, wie z.B. aus der Grafik im Hintergrund (Verzeichnung am oberen Bildrand bei 35 mm Brennweite) zu entnehmen, eindeutig tonnen- oder wellenförmig. Letzteres ändert sich allerdings über die Spanne der Brennweiten.

Grenzen des Verfahrens

Nicht alle Arten von Verzeichnung lassen sich mit dieser Methode sinnvoll bewerten. Das Verfahren liefert zum Teil schon keine aussagekräftigen Werte, wenn sich ΔH unterhalb von zwei Pixel bewegt. Dies muss nicht von Nachteil sein, das Auge kann so eine Genauigkeit ohnehin nicht mehr unterscheiden.

Schwerwiegender ist der Einfluss mehrerer Linsen. Gerade bei Zoomobjektiven resultiert die Verzeichnung aus dem Beitrag aller Linsen (bei Zoomobjektiven oft mehr als 10), abhängig von deren Lage im Objektiv. Damit ist die Verzeichnung im Allgemeinen nicht rein tonnen- oder kissenförmig, sondern wellenförmig.

Darüber hinaus weicht in Realität der Strahlengang im Objektiv von der angenommenen rotationssymmetrischen Abbildung ab. Die Linsen sind teilweise nicht exakt parallel ausgerichtet. Weiterhin drehen sich bei den meisten Zoomobjektiven sowohl beim Ändern der Brennweite als auch beim Fokussieren einzelne Linsen bzw. Linsengruppen mit, zum Teil auch gegenläufig. Das heißt also, dass nicht nur verschiedene Brennweiten, sondern auch die fokussierte Gegenstandsweite einen Einfluss auf die Verzeichnung haben kann.