

Warum der Kreis eine Gerade ist

Fisheye-Objektive bilden eine Kugelschale auf eine ebene Fläche ab. Dies muss zu Verformungen der abgebildeten Gegenstände und Personen führen. Malte Neumann erläutert die unterschiedlichen Abbildungseigenschaften der gnomonischen, equisoliden und äquidistanten Projektion je nach Fisheye-Typ.

Wäre die Erde eine Scheibe, hätte dies zwei Konsequenzen: Wir würden am Rand herunterfallen und könnten perfekte Landkarten erstellen. Nun ist die Erde aber näherungsweise doch eine Kugel und unser Welt dreidimensional, und dies stellt Kartographen und Objektiventwickler bei Fisheyes vor ein ähnliches Problem: Wie bilde ich eine Kugelschale auf eine Ebene ab? Die Physik ermöglicht unterschiedlichste Abbildungsprinzipien, die alle zu anderen Verzerrungen führen.

Gnomonische Projektion

Fotografische Optiken bilden üblicherweise „gnomonisch“ ab. Dabei wird eine Ebene im Bild auf eine andere – nämlich die von Sensor oder Film – abgebildet. Gerade Linien bleiben gerade, wie es auch das menschliche Auge wahrnimmt oder im Bild einer Lochkamera der Fall ist. Allerdings funktioniert dies nur bei Ebenen oder schmalen Bildwinkeln perfekt. Bei zweidimensionalen Objekten kann niemand unterscheiden, ob ein Bild

mit dem Tele aus großer Entfernung oder dem Weitwinkel aus der Nähe gemacht wurde. Bei großen Bildwinkeln und tiefen Objekten, also jedem Raum, treten jedoch Probleme auf, und es kommt am Rand zu Verzerrungen: Eine quadratische Kiste in der Bildmitte hat nahezu keine Tiefe. Auf dem Foto ist sie deutlich breiter als tief. Am Rand einer Weitwinkelaufnahme erscheint die gleiche Kiste wesentlich tiefer, bei unveränderter Breite. Eine Person wirkt plötzlich dick.



1) Das zirkulare Fisheye von Sigma (oben) arbeitet mit der „Equisolid Angle“-Projektion und deckt in jeder Richtung echte 180 Grad ab – auch die sechste Markierung wird bis zum linken Rand abgebildet. Die Quadrate am Rand behalten ihre Fläche, werden aber gestaucht. 2) Das Walimex-Fisheye verwendet eine äquidistante Projektion: Die im gleichen Winkelabstand von jeweils 18 Grad angebrachten Passer-Marken werden auch etwa im gleichen Abstand auf dem Bild wiedergegeben. Die Quadrate behalten ihre Form, werden aber zum Bildrand etwas größer. Der Bildwinkel ist etwa 148 Grad horizontal (Bild) und erreicht erst auf der Diagonalen 180 Grad.

Setzen Sie sich mal mit einem Zwanziger-Weitwinkel auf den Beifahrersitz eines Autos und verfolgen durch den Sucher die Fahrt. Der Effekt ist drastisch: Man kommt sich vor wie im Cockpit eines Formel 1-Boliden, weil an den Rändern alles vorbeirast. Schuld ist der Tangens (siehe Kasten „Projektionstypen“), der bei großen Winkeln drastisch steigt. Die Winkel und Proportionen an den Bildrändern werden extrem verzerrt, und Gegenstände am Rand erscheinen viel zu breit – oder wenn sie sich bewegen, dann passiert dies deutlich zu schnell. Weil der Tangens bei 90 Grad unendlich wird, kann ein konventionelles Objektiv mit gnomonischer Abbildung zudem unabhängig von der Konstruktion keinen Bildwinkel von 180 Grad erreichen. Bei Fisheye-Objektiven müssen die Konstrukteure deswegen mit anderen Abbildungskonzepten arbeiten und das Prinzip der „geraden Linie“ aufgeben.

Das Problem ähnelt der häufig verwendeten Mercator-Projektion bei Weltkarten, die die Breiten- und Längengrade gerade lässt, aber an den Polen groteske Fehler verursacht: Grönland ist viel zu groß und die Antarktis ein langer schmaler Streifen. Jeder, der auf einen Globus schaut, sieht, dass das nicht stimmt. Allerdings lässt sich die Kugeloberfläche der Erde grundsätzlich nicht ohne Fehler auf ein Blatt Papier abbilden – also exakt das gleiche Problem wie in der Fotografie der großen Bildwinkel.

Equisolide Projektion

Fisheye-Objektive unterscheiden sich in zwei Punkten grundsätzlich von konventionellen Weitwinkelobjektiven: Erstens: Die Schärfeebene der Fisheye ist keine ebene Fläche, sondern eine Kugelschale. Zweitens: So wie die Kartografen die Projektion anpassen, geben Fisheye das Prinzip der geraden

Linien auf zugunsten einer der Kugelschale angepassten Abbildung: Die Kugelschale soll möglichst natürlich auf eine Ebene, den Sensor. Einerseits führt dies zu gekrümmten Linien, andererseits erscheinen Körper am Bildrand weniger verzerrt als bei der gnomonischen Projektion von extremen Weitwinkelobjektiven. Wer dem Globus auf den Südpol schaut, sieht die Längengrade als gerade Linien während die Breitengrade zu Kreisen werden. Die Form der Antarktis wird natürlich gezeigt. Genau so geht das Fischauge vor: Linien durch den Bildmittelpunkt werden nicht verbogen, alles andere schon. Dafür können zum Beispiel die Größenverhältnisse erhalten bleiben: Eine flächentreue Abbildung (equisolid angle) sorgt dafür. Dieser Typ wurde ursprünglich für die Meteorologie entwickelt, um den Grad der Bewölkung mit einem Bild zu erfassen. An den Rändern werden die Objekte gestaucht,



Vergleich zwischen 16-mm-Weitwinkel (oben) und Fisheye. Das Weitwinkel vergrößert die Kacheln am Rand und verzerrt die rechten Winkel. Das Fisheye erhält diese, muss dafür allerdings die Linien verbiegen.

INFO

Fisheye per Konverter

■ Das Danubia Semi-Fisheye

Knapp 100 Euro kostet der Vorsatz, der die Brennweite des Haupt-Objektivs auf ein Viertel verkleinert und die Projektion in Equisolid Angle umstellt. Damit ergibt sich mit einer 28-Millimeter-KB-Brennweite ein rundes Bild mit etwa 160-Grad-Bildwinkel, das von einem echten Fisheye kaum zu unterscheiden ist. Der Anschluss erfolgt über Adapterringe. Die Bildqualität ist jedoch eher bescheiden, mit starken Farbsäumen an den Rändern und vielen Reflexen. Angeboten wird der Konverter von Dörr Foto (www.doerfoto.de).



Objektiv	Sigma 4,5 mm					Walimex 8 mm FE					Panasonic 7-14 mm				
Kamera	Nikon D5000					Nikon D5000					Panasonic G1				
Echte Brennweite/Kleinbildwert	4,50 mm / 7,20 mm					8,00 mm / 12,80 mm					7,00 mm / 14,00 mm				
Bildwinkel gemessen quer	ca. 180 Grad					ca. 148 Grad					ca. 96 Grad				
Bildbreite in Pixel	4288,00					4288,00					4000,00				
Lage d. Passermarken als Bildwinkel (quer)	18,00	36,00	54,00	72,00	87,40	18,00	36,00	54,00	72,00	87,40	18,00	36,00	45,00	72,00	87,40
gemessener Wert im Bild in Pixel	259,00	507,00	744,00	963,00	1120,00	477,00	963,00	1485,00	2056,00	-	541,00	1207,00	1802,00	-	-
gemessener Wert im Bild (mm)	2,17	4,26	6,25	8,08	9,40	4,00	8,08	12,47	17,26	-	4,87	10,86	16,22	-	-
Abbildung gerechnet gnomonisch (mm)	2,34	5,23	9,91	22,16	158,56	4,16	9,30	17,62	39,39	281,88	4,55	10,17	14,00	43,09	308,30
Abbildung gerechnet equisolid (mm)	2,25	4,45	6,54	8,46	9,95	4,00	7,91	11,62	15,05	17,69	4,38	8,65	10,72	16,46	19,34
Abbildung gerechnet äquidistant (mm)	2,26	4,52	6,79	9,05	10,98	4,02	8,04	12,06	16,08	19,53	4,40	8,80	11,00	17,59	21,36

Die Tabelle zeigt, dass die unterschiedlichen Abbildungskonzepte (jeweils blau markiert) in der Praxis tatsächlich umgesetzt werden – allerdings mit teils deutlichen Abweichungen, die wiederum zu Verzerrungen führen. Den Aufbau zeigt unser Aufmacher auf der ersten Seite des Artikels.

was allerdings meist keinen großen Einfluss auf die Bildwirkung hat.

Äquidistante Projektion

Die zweite bei Fisheye-Objektiven verwendete Art der Abbildung ist die „äquidistante Projektion“, bei der der Abstand der Punkte im Bild auf dem Winkelabstand beruht. Es ergeben sich etwas andere Verhältnisse, die nur dann sichtbar werden, wenn geometrische Elemente im Bild sind. Mit der Projektion ändert sich auch das Verhältnis von Brennweite und Bildwinkel.

Zirkular- und Diagonal-Fisheye

Zudem gibt es zwei Typen von Fisheye-Objektiven: Das klassische Zirkular-Fisheye bildet das Innere einer halben Kugel vollständig ab. Auf dem Foto erscheint ein rundes Bild mit 180-Grad-Bildwinkel in alle Richtungen (Aufmacher). Häufiger bieten die Hersteller Diagonal-Fisheye an, die einen rechteckigen Ausschnitt der Kugel-

schale auf den Sensor abbilden: Der Fotograf erhält so sein übliches rechteckiges Bild, aber nur auf den Diagonalen beträgt der Bildwinkel 180 Grad. Ein Fisheye mit einem kreisrunden Bild muss beim Kleinbildformat etwa 8 mm Brennweite haben, während 15 mm zu einem formatfüllenden Bild mit 180 Grad Bildwinkel auf der Diagonalen führen. Ein „normales“ Fünfzehner-Weitwinkel mit gnomonischer Projektion erreicht nur 110 Grad.

Um die Abbildungsverhältnisse also Bildwinkel und Projektionseigenschaften der verschiedenen Fisheye zu prüfen, haben wir einen Viertelkreis mit Passmarken gebaut und in diesen Viertelkreis hinein fotografiert (Aufmacher). Die optische Achse zielt dabei auf den rechten Rand des Viertelkreises, dessen linkes Ende exakt am Bildrand auftauchen sollte – sofern es sich um ein 180-Grad-Fisheye handelt. Der Radius unserer Konstruktion beträgt 1,5 m und die (Mittelpunkte) der quadratischen

Passmarken sind im Abstand von 18 Grad zueinander eingeklebt. Nur beim letzten Target ist die Mitte auf 87,4 Grad statt 90 Grad angebracht, um die Verformung am Rand beurteilen zu können. Die theoretisch erwartete Abbildung dieser Punkte und ihr realer Ort im Bild lassen sich vergleichen und so den Objektiven eine Projektionsart zuordnen. Außerdem zeigen diese Aufnahmen auch die Qualität der Abbildung am Rand, die meist durch Farbsäume leidet.

Praxis

Aufgrund der extrem großen Schärfentiefe ist die exakte Fokussierung wesentlich weniger kritisch als bei einem Tele. Das Gleiche gilt für das Verwackeln. Wichtig ist dagegen immer eine hochwertige Vergütung, denn irgendein Highlight ist meistens im Bild. Wer mit einem Rundbild-Fisheye unterwegs ist, fotografiert gerne seine Schuhe, und auch der eigene Schatten lässt sich häufig nicht wirklich heraushalten.



Im Cockpit der Cessna sieht das Fisheye alles: Die Instrumente, den Himmel draußen und die Beine von Pilot und Fotograf.

INFO

Projektionstypen

■ Gnomonisch

Abbildungsgleichung: $r = f \times \tan(\mu)$
Keine Verzeichnung. Bildwinkel bis etwa 130 Grad auf der Diagonalen, Größenverhältnisse und Winkel stark verzerrt

■ Flächentreu (equisolid angle)

Abbildungsgleichung: $r = 2 \times f \times \sin(\mu/2)$
Tonnenförmige Verzeichnung, Bildwinkel 180 Grad überall, Flächen bleiben erhalten, Winkel leicht verzerrt

■ Äquidistant

Abbildungsgleichung: $r = f \times (\pi/180) \times \mu$
Tonnenförmige Verzeichnung, Bildwinkel 180 Grad überall, Winkel bleiben erhalten, Flächen leicht verzerrt

μ = Winkel zur Bildachse des abzubildenden Objekts
 r = Abstand des abgebildeten Objekts zur Bildmitte (auf dem Sensor)
 f = Brennweite