

**Andreas Weimer**

## **Korrektur der chromatischen Aberration mittels radialsymmetrischer Verzeichnungsterme**

Dauer der Arbeit: 6 Monate

Abschluss: Mai 2013

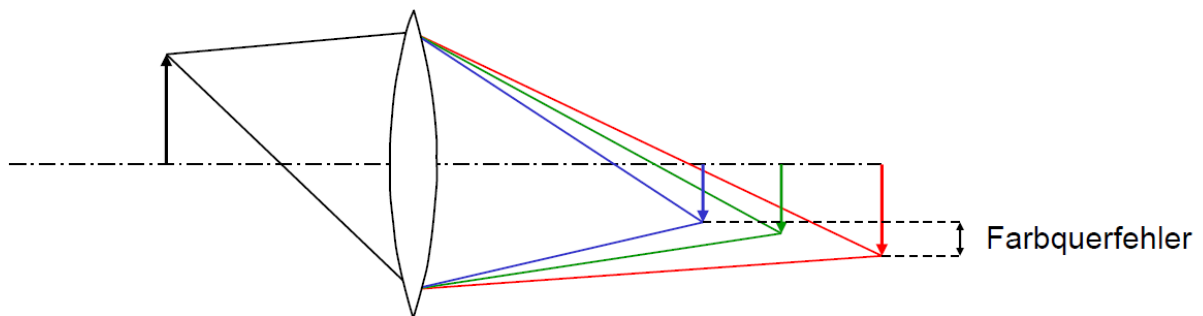
Betreuer: Dipl.-Ing. Alessandro Cefalu

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch

### **Motivation und Aufgabenstellung**

Bei der chromatischen Aberration handelt es sich um Abbildungsfehler eines optischen Systems. Licht wird an der Linse je nach Wellenlänge unterschiedlich stark gebrochen. Dies nennt man Dispersion. Es treten zwei Formen der chromatischen Aberration auf. Es gibt einerseits den Farbblängsfehler und andererseits den Farbquerfehler.

Mit Hilfe eines programmierten Korrekturtools kann mittels radialsymmetrischer Verzeichnungsterme der Farbquerfehler, der sich als störender Farbsaum im Bild auswirkt, eliminiert werden.



**Abbildung 1: Physikalische Darstellung des Farbquerfehlers**

Somit müssten sich zum Beispiel die Zuordnungsverfahren für das Auffinden von homologen Bildpunkten verbessern. Denn für ein gutes Ergebnis ist entscheidend, wie stark sich die Pixel um einen Bereich von homologen Punkten in der Farbintensität unterscheiden.

Auch bei der manuellen Messung im Bild wird die Entscheidung für einen Bearbeiter, wo sich genau ein Eckpunkt befindet oder eine Kante verläuft, erleichtert, da nach der Korrektur der chromatischen Aberration der sogenannte Farbsaum entfernt wurde und dementsprechend das Bild schärfer und die Kanten eindeutiger wirken. Ebenso steigert sich die Qualität einer 3D-Visualisierung bei der Korrektur des Farbfehlers.

In der Fernerkundung ist es wichtig mit Farbbildern zu arbeiten, die frei sind von Aberrationen. Denn wenn keine aberrationsfreien Bilder im Vorfeld erzeugt würden, würde eine multispektrale Klassifizierung zu komplett falschen Klassifizierungsergebnissen von Pixeln kommen.

## Vorgehensweise

Die aufgenommenen Fotos, die korrigiert werden sollen, werden mit dem programmierten Korrekturtool verbessert, indem in allen drei Farbkanälen (Rot, Grün, Blau) homologe Feature-Punkte gesucht werden. Dies geschieht mit dem MSER-Detektor (vgl. Abb. 3).



Abbildung 2: Beispielbild

Anschließend folgt der ORB-Deskriptor, um die korrekte Zuordnung von korrespondierenden Bildpunkten sicherzustellen. So erhält das Programm automatisch Bildkoordinaten in jedem einzelnen Farbkanal. Notwendige Parameter für die Korrektur sind die Pixelgröße und die Kamerakonstante bzw. als Näherung die Brennweite mit der die Bilder, die korrigiert werden sollen, aufgenommen wurden.

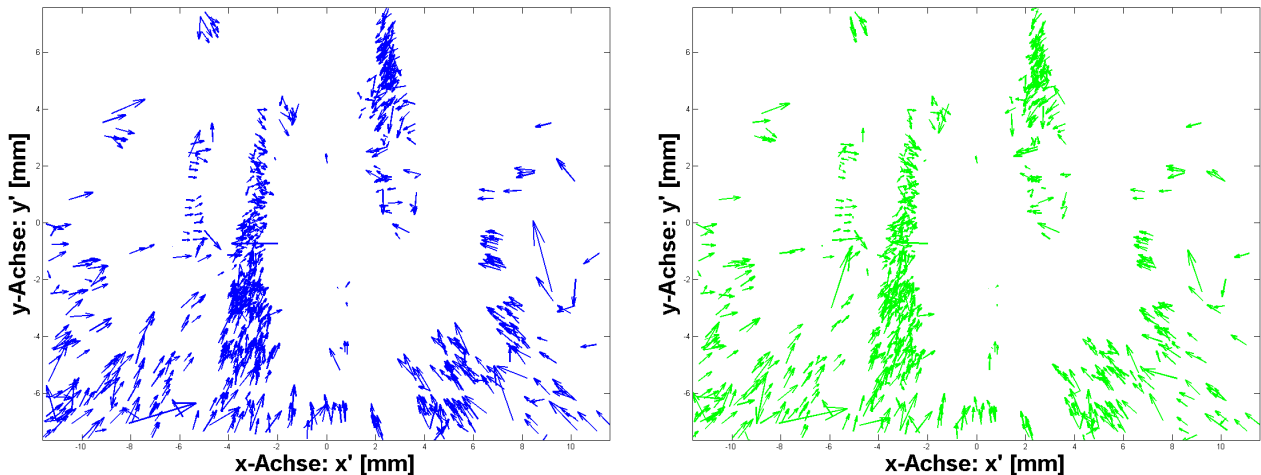


Abbildung 3: Bildpunktmessungen und Differenzen aufgrund von Abbildungsfehlern, links: Blau-Rot, rechts: Grün-Rot

Die homologen Punkte werden anschließend in ein Ausgleichungsmodell eingesetzt, das die radialsymmetrischen Verzeichnungparameter ( $K1$ ,  $K2$ ,  $K3$ ) schätzt, denn der Farbquerfehler kann mittels radialsymmetrischen Verzeichnungstermen modelliert werden.

Somit entstehen radialsymmetrische Verzeichnungsdifferenzen z.B. zwischen dem blauen und roten Kanal ( $K1_{blau}$ ,  $K2_{blau}$ ,  $K3_{blau}$ ) und zwischen dem grünen und roten Kanal ( $K1_{grün}$ ,  $K2_{grün}$ ,  $K3_{grün}$ ). Danach werden die Blau- und Grünkanalbilder der jeweiligen Bilder entsprechend dem Modell korrigiert und auf die Geometrie des Rotkanalbildes transformiert. Anschließend werden der Blau- und Grünkanal zusammen mit dem nicht korrigierten roten Kanal wieder zu einem verbesserten Farbbild, ohne Farbquerfehler, zusammengesetzt.

Die Beobachtungsgleichung mit dem radialsymmetrischen Verzeichnungsterm nach dem Korrekturmodell von Brown für die x-Koordinaten des Blaukanalbildes (entsprechende Gleichungen für die x- und y-Koordinaten des Grünkanalbildes) lautet folgendermaßen:

$$x'_{blau} - x'_{rot} = \Delta x'_{rad,blau} = x'_{rot} \cdot (K1_{blau} \cdot r'^2 + K2_{blau} \cdot r'^4 + K3_{blau} \cdot r'^6)$$

$$\text{mit } r' = \sqrt{x'^2_{rot} + y'^2_{rot}}$$

## Fazit

Evaluiert wird dieses Verfahren dadurch, dass untersucht wird, welche Ergebnisse und Genauigkeiten im Bildraum eine Kamerakalibrierung anhand einer Bündelblockausgleichung liefert, bei der einmal die Farbkanäle der Bilder vorher nicht korrigiert wurden und ein anderes Mal die Kalibrierung mit korrigierten Farbbildern wiederholt wird. Ein weiteres Mal wird nur der grüne Kanal der Bilder für die Kalibrierung verwendet. Letzteres sollte genauere Kamerakalibrierungsparameter und eine höhere Genauigkeit im Bildraum liefern. Die Ergebnisbilder des Korrekturtools sollten bei einer Kamerakalibrierung ähnlich gute Ergebnisse liefern.

Verfahren	Kamerakonstante		Lage des Bildhauptpunkts				Bildresiduen
	$c$ [mm]	$\sigma_c$ [mm]	$x_0$ [mm]	$\sigma_{x_0}$ [mm]	$y_0$ [mm]	$\sigma_{y_0}$ [mm]	RMS [ $\mu\text{m}$ ]
RGB	20,4156	1,036e-3	-0,0599	1,703e-3	-0,0489	2,116e-3	0,28
RGB korr.	20.4152	1.021e-3	-0.0599	1.675e-3	-0.0482	2.090e-3	0,28
Grün	20.4181	1.024e-3	-0.0605	1.661e-3	-0.0511	2.075e-3	0,28

Tabelle 1: Ergebnisse aus Kamerakalibrierungen

Die Ergebnisse der drei Kamerakalibrierungen zeigen jedoch nicht das erwartete Ergebnis. Demnach ist keine Steigerung der Bildpunktmessgenauigkeit durch die Korrektur der chromatischen Aberration nachweisbar. Die Genauigkeit im Bildraum (RMS) liegt bei jedem Verfahren bei 0,28  $\mu\text{m}$ . Möglicherweise ist die Markenmessung der verwendeten Software für die Kalibrierung (Australis) nicht sensitiv genug, um die geringen Unterschiede feststellen zu können.

Optisch betrachtet zeigen die korrigierten Bilder jedoch eine spürbare Verbesserung, wenn man Ausschnitte vergrößert darstellt (siehe Abb. 4 und 5). Denn der Farbquerfehler der chromatischen Aberration wirkt sich an den Bildrändern besonders stark aus. Somit lassen sich von dort aussagekräftige Vorher-Nachher-Bilder generieren. In der Arbeit wurde gezeigt, dass sich mit diesem Korrekturtool zu jedem beliebigen Bild die radialsymmetrischen Verzeichnungsparameter schätzen lassen und man mit anschließender Bildkorrektur zu aberrationsfreien Bildern gelangt, die möglicherweise für einen nachfolgenden Bearbeitungsschritt notwendig sind.

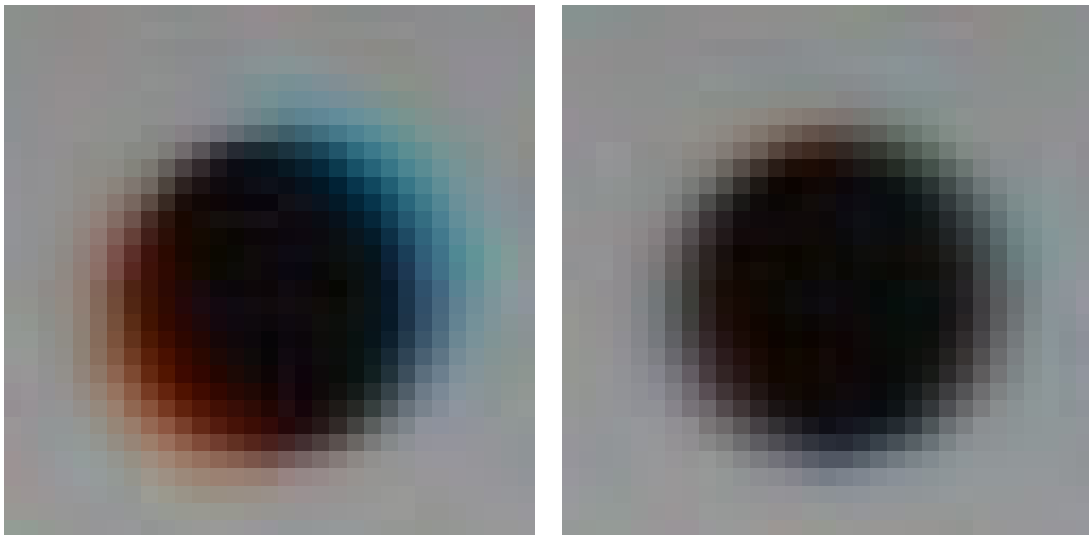


Abbildung 3: Beispielausschnitt einer Messmarke, links: mit chro. Aberration, rechts: nach der Korrektur



Abbildung 4: Beispiel eines Bildausschnitts, links: mit chro. Aberration, rechts: nach Korrektur