

**Maximilian Wenk**

## **Automatisierte Kamerakalibrierung**

Dauer der Arbeit: 4 Monate

Abgabe: Dezember 2013

Betreuer: Dipl.-Ing. Konrad Wenzel

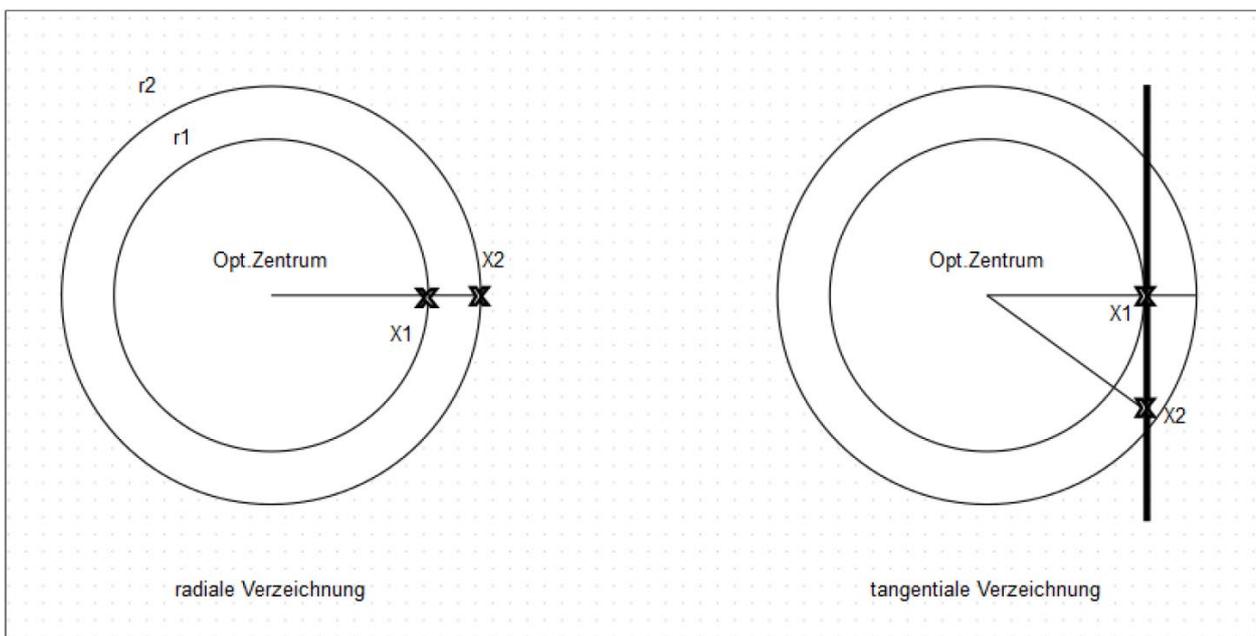
Prüfer: apl. Prof. Dr.-Ing. Norbert Haala

### **Einleitung**

Bei einer Aufnahme mit herkömmlichen Digitalkameras entstehen immer Linsenfehler. Die Parameter dieser Linsenfehler sind Bestandteil der inneren Orientierung einer Kamera. Daher können die beschreibenden Parameter mittels einer Kalibrierung bestimmt werden.

Zur Bestimmung wird in dieser Arbeit das Modell einer Lochkamera angenommen, um vom 3Dimensionalen Raum in den 2Dimensionalen zu projizieren. Dabei werden nach dem Modell von Brown 2 Arten, die radialen und tangentialen Verzeichnungen, durch Parameter beschrieben und anschließend verbessert.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Möglichkeit zur automatisierten Zielmarkenerfassung und Identifikation zu testen und mit der Kalibrierung mittels semi-manueller Markenmessung zu vergleichen. Dafür werden mit einer Nikon D2X Bildserien aufgenommen und verarbeitet.



*Abbildung 1: Verzeichnung nach Modell von Brown*

### **Grundlagen der Kamerakalibrierung**

Um eine Kamera zu kalibrieren, stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- Laborkalibrierung
- Testfeldkalibrierung
- Selbstkalibrierung

Die Kalibrierung wird durch die Möglichkeiten automatisierter Messung und Identifikation vereinfacht. Für diese Aufgabe stehen sowohl kostenlose als auch Lizenzpflichtige Softwarelösungen zur Verfügung.

Die wichtigste Aufgabe einer Kalibrierung ist es, die intrinsischen Eigenschaften einer individuellen Kamera zu bestimmen.

Zu diesem Zweck wird ein funktionales Modell aufgestellt, mittels dem die Abbildung mit der Kamera durchgeführt wird. Teil dieses Modells ist die Transformation der Information vom übergeordneten System, über das Kamerasystem, in das Pixelkoordinatensystem. Um diesen Weg nachvollziehen zu können, müssen die Parameter der äußeren Orientierung bestimmt werden. Die Abbildung der Information auf den Bildsensor wird von den Parametern der inneren Orientierung beeinflusst. Um eine Kamera für photogrammetrische Testfeldkalibrierung zu nutzen, wird darauf geachtet, dass die Parameter der inneren Orientierung stabil bleiben.

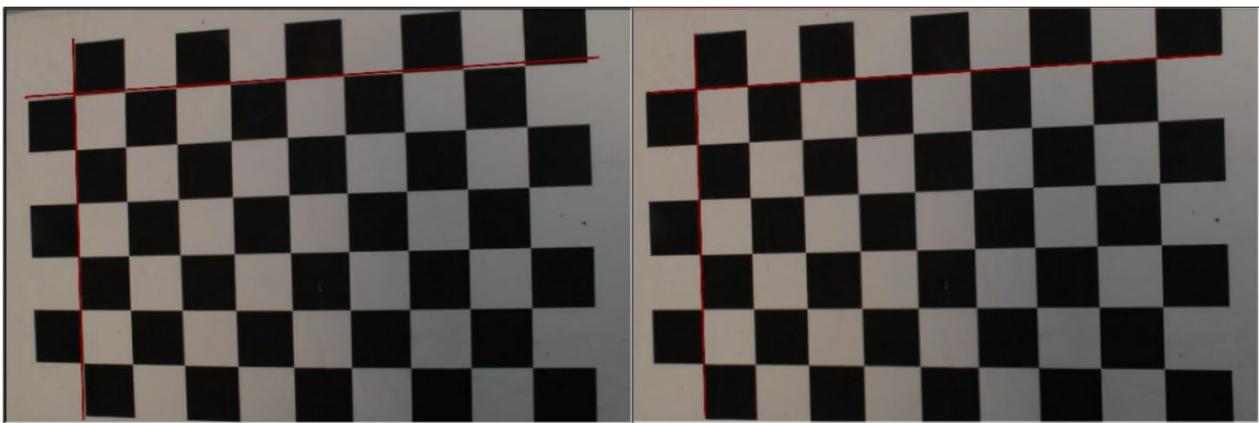


Abbildung 2: Originalbild und durch OpenCV verbessertes Bild

## **Möglichkeiten der Kalibrierung**

Die Bestimmung der intrinsischen Kameraparameter kann auf mehrere Arten erfolgen. In dieser Arbeit, wird auf zwei Möglichkeiten der Testfeldkalibrierung eingegangen. Zum einen die Methode einer automatisierten Kalibrierung der Kamera mittels OpenCV und zum anderen eine Standardkalibrierung durch manuelles Messen von Marken mittels der Software Australis.

Bei der Testfeldkalibrierung ist es wichtig, dass Näherungskoodinaten für das Kalibrieremuster bekannt sind. Zu diesem Zweck stehen unterschiedliche Muster zur Verfügung. Es kann sich wahlweise um drei- oder zweidimensionale Objekte handeln.

- Schachbrettmuster
- Kreismarken
- Barcodes

## Fazit

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit war, eine automatisierte Kamerakalibrierung zu programmieren und zu bewerten. Dieses Programm wurde mithilfe der Funktions-Bibliothek von OpenCV in der Version 2.4.6 verwirklicht.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine automatisierte Kamerakalibrierung Vorteile gegenüber der Standardmethode der manuellen Testfeldkalibrierung haben kann:

- Arbeitersparnis
- Zeitersparnis
- finanzieller Vorteil, da keine Softwarelizenz erworben werden muss.

Die automatisierte Punktmessung, die in der OpenCV-Bibliothek hinterlegt ist, erlaubt es dem geschriebenen Programm nicht, die benötigte Genauigkeit der Bildbeobachtung zu erreichen. Der Projektionsfehler liegt mit einem Wert von 0.9667 Pixel deutlich über dem erzielbaren Wert von unter 0.1 Pixel.

Um die Ergebnisse der Bildmessung zu verbessern, muss eine optimierte Funktion, zur Messung und Identifikation der Marken, herangezogen werden. Die Kombination aus der in der Bibliothek genutzten Funktion und einem Schachbrettmuster führt zu einem schlechten Ergebnis.

Bei der Bildaufnahme, kann die Kamera nicht auf einem Standpunkt rotiert werden, da sonst die Ecken des Musters nicht korrekt identifiziert werden. Dadurch wird die Korrelation zwischen den Parametern der äußeren und inneren Orientierung nicht gelöst.

Der Algorithmus, der es OpenCV erlaubt eine automatisierte Markenmessung durchzuführen, ist, für das verwendete Schachbrettmuster, nicht in der Lage den kompletten Sensor zu beobachten. In dieser Arbeit wurden lediglich 80.329% der Bildebene zur Fehlerbestimmung herangezogen. Dadurch werden die größten Fehlereinflüsse der Verzeichnungen am Bildrand nicht beobachtet. Für eine automatisierte Kalibrierung mit gutem Ergebnis, muss für diese Funktion eine bessere Lösung gefunden werden.

Diese Einschränkungen führen zur Schlussfolgerung, dass eine Kalibrierung mit einem Schachbrettmuster nicht zu den gewünschten Ergebnissen führen kann. Aus diesem Grund, sollten für eine Kalibrierung andere Messmarken, beispielsweise Kreismarken, gewählt werden.

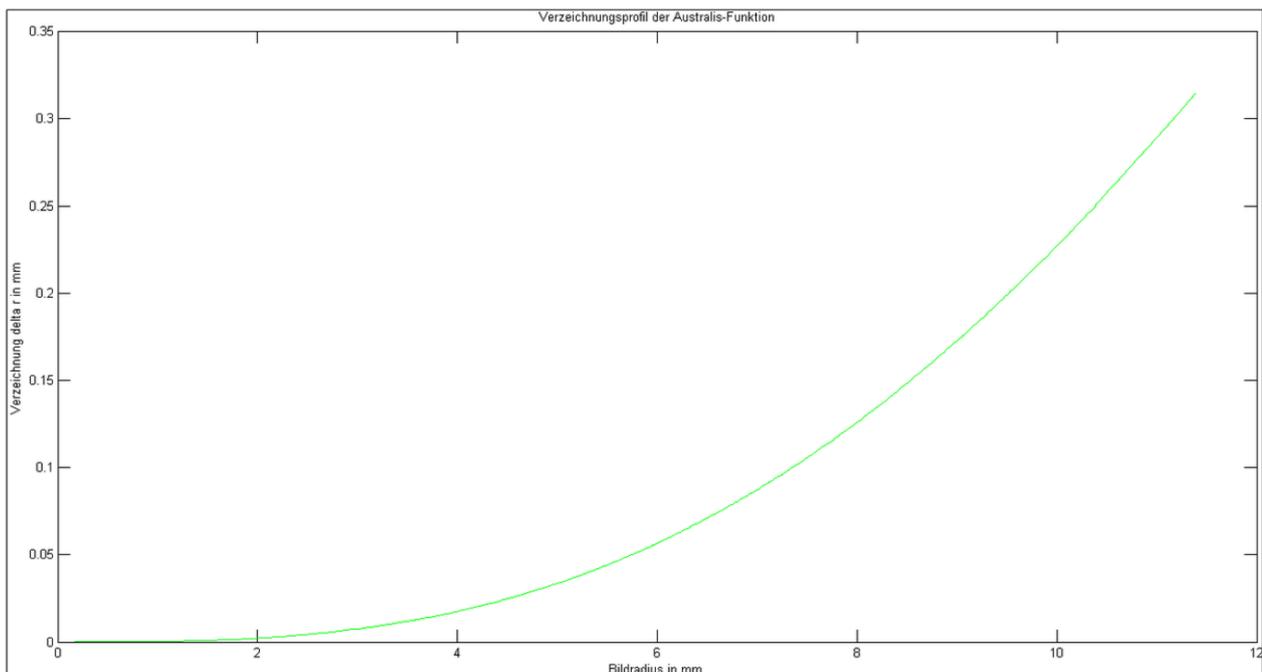


Abbildung 3: radiale Verzeichnungskurve nach dem Modell von Brown

Die in dieser Arbeit genutzte Funktion, bietet als Standard keinerlei Angaben über die Genauigkeit der Punktmessung. Der Nutzer hat somit keinen Überblick und Einfluss, mit welcher Genauigkeit die Beobachtungen im Bild durchgeführt werden.

Des Weiteren, wird durch die Funktion keine Genauigkeitsanforderung gestellt, welche die beobachteten Punkte erfüllen müssen. Die Beobachtungen werden ohne Angabe und Berücksichtigung der Genauigkeit für eine weitere Verarbeitung im Programm weitergegeben. Dies führt dazu, dass Beobachtungen in die Bestimmung der Parameter einfließen, deren Genauigkeit nicht den Anforderung der Nahbereichs-Photogrammetrie entsprechen.

Im optimalen Fall würde ein Programm zur automatisierten Kalibrierung einer handelsüblichen Kamera folgende Kriterien erfüllen. Die Markendetektion ist für Punktmarken zu realisieren, sodass die übliche Aufnahmekonfiguration eingehalten werden kann. Die Zuordnung der Marken wird über Orientierungshilfen im Bild gewährleistet. Zu diesem Zweck werden eigens dafür geeignete Orientierungspunkte angebracht, die von den restlichen Markierungen in ihrer Erscheinung abweichen. Das Berechnen der Parameter der Kalibrierung kann mittels OpenCV Funktionen durchgeführt werden. Allerdings sollten die Ergebnisse am Ende mit einer Bündelblockausgleichung verbessert werden. Zu diesem Zweck kann eine Ausgleichung mit SBA in das Programm einprogrammiert werden.