



Masterarbeit

Untersuchungen zur Kalibrierung von High-Speed Kameras

Aufgabenstellung für Herrn Stefan Nicolas Wenck

Die dreidimensionale photogrammetrische Auswertung von Fahrzeugsicherheitsversuchen (Crash-Tests) erfordert u.a. eine zuverlässige Bestimmung der Parameter der inneren Orientierung der verwendeten Kameras. Dieses geschieht in der Praxis mit Kalibriertafeln, die in geeigneter Größe aus verschiedenen Richtungen aufgenommen werden müssen.

Anschließend werden im Rahmen einer Bündelausgleichung und mit bekannten 3D-Koordinaten der Punkte der Kalibriertafel die gesuchten Parameter der Inneren Orientierung ermittelt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Relevanz der Parameter der Inneren Orientierung insbesondere der Verzeichnungsparameter untersucht werden und der Spezialfall der Stereoauswertung in Normalfallanordnung hinsichtlich der erreichbaren Objektpunktgenauigkeit beschrieben und bewertet werden.

Da beim auftraggebenden Automobilhersteller die Auswertung mit High-Speed Kameras in Stereoanordnung gemessen wird, soll eine Visualisierungsmöglichkeit entwickelt werden, die unter Berücksichtigung der Daten der Äußeren und Inneren Orientierungen der zwei eingesetzten Kameras über ein „Ampelsystem“ anschaulich die erreichbaren Punktgenauigkeiten im Objektraum anzeigt.

Das Visualisierungssystem soll basierend auf simulierten Daten und auch Kalibrierdaten aus der praktischen Anwendung getestet werden und der fehlertheoretische Hintergrund beschrieben werden.

Eine programmtechnische Realisierung soll auf der Basis einer MatLAB-Implementierung vorgenommen werden.

Fakultät für
Bauingenieurwesen und
Geodäsie

Institut für
Photogrammetrie
und GeoInformation
Prof. Dr.-Ing. habil.
Christian Heipke

Dr.-Ing. Manfred
Wiggenhagen
Tel. +49 511 762-3304
Fax +49 511 762-2483
E-Mail: wiggenhagen
@ipi.uni-hannover.de

Besucheradresse:
Nienburger Straße 1
30167 Hannover
www.ipi.uni-

1. Motivation

Im Jahr 2016 erfasste die Polizei rund 2,6 Millionen Straßenverkehrsunfälle in Deutschland, das sind 2,7 % mehr als im Jahr 2015. Trotz dieser steigenden Tendenz starben 2016 so wenige Menschen wie noch nie seit dem Jahr 1953 (Beginn der Datenerhebung). Die Zahl der Verkehrstoten ist mit 3206 um 7,3 % geringer als noch im Jahr 2015. Im Durchschnitt starben demnach im Jahr 2016 in Deutschland täglich knapp 9 Menschen an den Folgen von Straßenverkehrsunfällen und fast jeder zweite der Verkehrstoten war Insasse in einem PKW. [Kraski 2017]

Der Hauptgrund für die sinkende Zahl an Verkehrstoten in Deutschland ist, dass ein PKW immer sicherer wird. Neben der Entwicklung von Fahrassistenzsystemen, welche zum Teil in der Lage sind, einen Unfall aktiv zu verhindern, werden während der Fahrzeugentwicklung Sicherheitsversuche (Crash-Tests) durchgeführt, um den Schaden an den Insassen eines Fahrzeugs bei einem Unfall analysieren zu können. Mit den Ergebnissen dieser Tests können Sicherheitssysteme verbessert werden und die Insassensicherheit nachgewiesen werden.



Abbildung 1.1: Kameraaufnahmen Crash-Test [Roland 2007]

Bei einem Crash-Test werden unter anderem die Verformungen von Bauteilen und die Bewegung der Dummies im Innenraum während eines Unfalls gemessen. Bei einem Frontalcrash, wie in Abbildung 1.1 dargestellt, sind beispielsweise die Verformung von Motorhaube und A-Säule relativ zum Rest des Fahrzeugs und deren Auswirkung auf die Insassensicherheit besonders wichtig. Da ein solcher Crash innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde abläuft, müssen High-Speed Kameras zur Aufzeichnung eingesetzt werden, um eine detaillierte Auswertung im Nachgang zu ermöglichen.

Die Einzelbildauswertung ist der herkömmliche Weg zur Crash-Test Auswertung. Anhand der von einem Standpunkt aus aufgezeichneten Bildfolge können über die relative Lageänderung die Verformungen gemessen werden. Das funktioniert nur, wenn das Fahrzeug und die Dummies vorab an den wichtigen Stellen mit Messmarken

beklebt werden, um deren Bewegung zuverlässig verfolgen zu können. Die Aufnahme und Auswertung mit nur einer Kamera hat den Nachteil, dass nur Bewegungen orthogonal zur Aufnahmerichtung gemessen werden können. Eine dreidimensionale photogrammetrische Messung ist mit einer Stereobildauswertung möglich. Diese erfordert sich geometrisch überlappende und zeitlich synchronisierte Bildfolgen von zwei High-Speed Kamera.

In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Kalibrierung von zwei Kameras und deren Verwendung für die Stereoauswertung. Neu ist dabei die Berücksichtigung von unterschiedlichen Kalibrierparametern für die verwendeten Kameras, wofür die bekannten Formeln zur Stereoauswertung erweitert werden müssen. Das Ziel besteht darin, eine Aussage über die Anforderungen an die Kalibrierungen machen zu können und die Relevanz verschiedener Kalibrierparameter in Bezug auf das Messergebnis zu untersuchen. Abhängig von der Qualität der Kalibrierung und der Aufnahmekonstellation werden die Ergebnisse im Messbereich über ein „Ampelsystem“ hinsichtlich ihrer Genauigkeit in drei Kategorien eingestuft.

Im Grundlagenteil dieser Arbeit werden zu Beginn die verwendeten Parameter und Koordinatensysteme definiert. Es folgen Grundlagen und Formeln zu Kamerakalibrierung, Verzeichnungseffekten und Aufnahmekonfigurationen. Im Konzept wird die Herangehensweise zum Erreichen der Zielsetzung vorgestellt. Der Methodikteil beginnt mit einer Genauigkeitsabschätzung für die Einzelbildauswertung und zeigt anschließend die Erweiterung für die Stereoauswertung inklusive einer Genauigkeitsbetrachtung. Nachdem die Simulation der Messdaten beschrieben wurde, werden die Ergebnisse präsentiert. Die Ergebnisse sind in die Unterkapitel „Abbildungsfehler“ und „Standardabweichungen“ unterteilt, wobei im ersten die Relevanz einzelner Parameter analysiert wird und im zweiten die erreichbaren Genauigkeiten gezeigt werden. Abschließend werden im Fazit die Ergebnisse als Ganzes bewertet und ein Ausblick gegeben.