

AUTOMATISIERTE KALIBRIERUNG VON PRÜFKÖRPERN FÜR DIE RÖNTGEN-MIKROCOMPUTERTOMOGRAPHIE

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Martin Schlüter
(Fachbereich Technik / i3mainz - Institut für Raum-
bezogene Informations- und Messtechnik)

Beteiligte Personen

Kalibriermessungen: Stefan Boes, Torsten Walter,
Philipp Atorf, Matthias Mayer, Sebastian Kuhlke,
Jens Grünke
Automatisierung: Stefan Hauth, Arno Heidelberg,
Martin Heppe, Kira Zschiesche

Laufzeit

Januar 2013, November 2013,
Januar 2015, 1. März – 31. August 2016

Finanzierung

Bruker-microCT, Kontich, Belgien

Kontakt

i3mainz@hs-mainz.de

Motivation und Ziele

Die Mikrocomputertomographie ist eine 3D-Röntgen-
bildgebung. Die Methode entspricht den in Kliniken
eingesetzten CT-Scans, wobei die vergleichsweise klei-
neren Systeme der Mikrocomputertomographie eine
stark erhöhte Auflösung aufweisen. Sie stellen die in-
terne Struktur von Objekten zerstörungsfrei als drei-
dimensionales Bild mit sehr feiner Auflösung dar. Zur
geometrischen Kalibrierung dieser Tomographen wer-
den Prüfkörper, sogenannte Phantoms, verwendet. Die
Phantoms bestehen aus einem Kunststoffträger mit
daran befestigten, spiegelnden, metallischen Kugeln.
Relevant sind die Raumstrecken zwischen den Kugel-
mittelpunkten mit einer Genauigkeit im Mikrometer-
bereich und die Rückführbarkeit auf ein international
genormtes Längennormal. Die berührungslose Bestim-
mung der Abstände der Kugelmittelpunkte gelingt
mittels Industrietheodoliten nach dem Prinzip des Vor-
wärtsschneidens. Die bisher händisch durchgeführten
Kalibrierungen der Phantoms werden nun durch modu-
lare Digitalkameratheodolite auf Basis der Motortheo-
doliten Leica TM5100 automatisiert durchgeführt. Mit
Hilfe der digitalen Bildverarbeitung werden auf den
spiegelnden, metallischen Kugeln gezielte Reflexio-
nen bzw. ihr virtuelles Bild, stützend auf der geometri-
schen Optik, hochgenau bestimmt.



Beispiel eines Phantoms, Bruker microCT

Aktivitäten

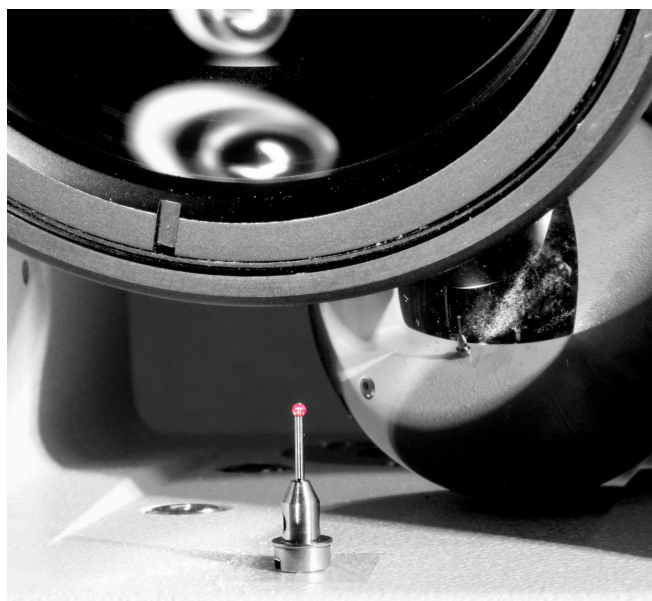
Die modularen Digitalkameratheodolite werden durch exzentrisch am Fernrohr montierte LED-Leuchten erweitert. Diese gezielte Beleuchtung der Kugeln ermöglicht eine automatische Detektion und Zentrumsbestimmung. Das händische Anzielen der Kugelmittelpunkte ist nicht notwendig. Um die automatische Kalibrierung verifizieren zu können, wurde ein Laboraufbau so konzipiert, dass ein zweites unabhängiges Messverfahren angewandt werden konnte. Zusätzlich wurde für die Betrachtung der Wiederholgenauigkeit ein Prüfkörper angefertigt, der eine Veränderung der Lage des Phantoms ermöglicht, ohne den Abstand der Kugeln zueinander zu ändern. Exemplarisch wurden für die Untersuchungen Kugeln mit den Durchmessern 38,1mm und 3,0mm verwendet.

Ergebnisse

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass die automatisierte Kalibrierung von Prüfkörpern für Mikrocomputertomographen erfolgreich durchgeführt werden kann. Die Reflexionen der exzentrischen LEDs können genutzt werden, um die optische Achse der Theodoliten zur Kugel automatisch zu bestimmen und somit die Kugelabstände. In der theoretischen und praktischen Betrachtung zeigt sich, dass die derzeitige Modellierung alle relevanten systematischen Abweichungen durch das exzentrische Anbringen der LEDs hinsichtlich der präzisen Winkelbestimmung auf die Kugelmittelpunkte wirkungsvoll eliminiert. Das Ergebnis der Verifizierung zeigt einen Streckenunterschied von $7\mu\text{m}$. Die wiederholte Messung mit Positionsveränderung des Prüfkörpers zeigt eine erreichte Standardabweichung des Mittelwertes von $\pm 2\mu\text{m}$.



Motortheodolit Leica TM5100 mit modularer Kamera und LEDs



Fernrohr mit Kollimationshilfe