TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Entwicklung und versuchstechnische Verifizierung einer mehrkanaligen CFK-Zeilenkamera

Garbe, D.; Schnitzlein, M.; Berger, M.; Odenwald, S.

Professur Montage- und Handhabungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz

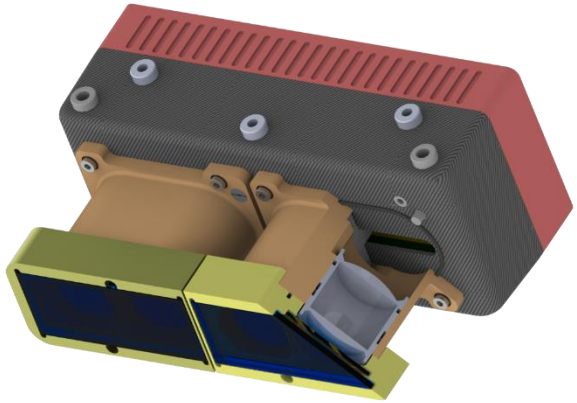
Qualitätsmanagement ISO 9001:2008
Zertifikats-Reg.-Nr. 103325 QM08

Referent: **Daniel Garbe M.Sc.**

Co-Autoren: **Dipl.-Phys. Markus Schnitzlein**
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger
Prof. Dr.-Ing. Stephan Odenwald

Agenda

1. Motivation für Zeilenkameras mit mehreren Bildkanälen
2. Zielstellungen für die konstruktive Realisierung
3. Entwicklung Messsystem
4. Verifikation der Kamera
5. Zusammenfassung und Ausblick



1 Motivation

Zeilenkamera

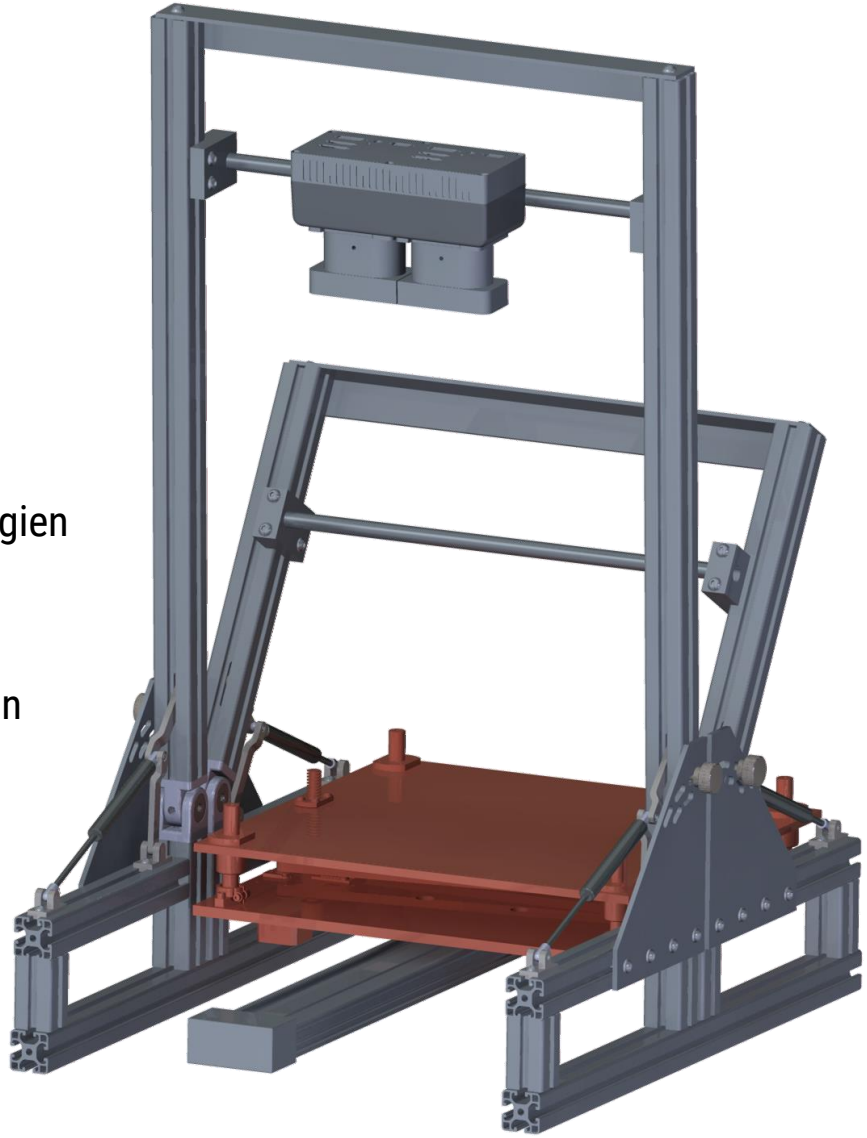
- Hohe Auflösung
- Aufnahme bewegter Objekte (Bandware)

Gestell

- Variable Aufnahme- und Beleuchtungsstrategien

Hubtisch

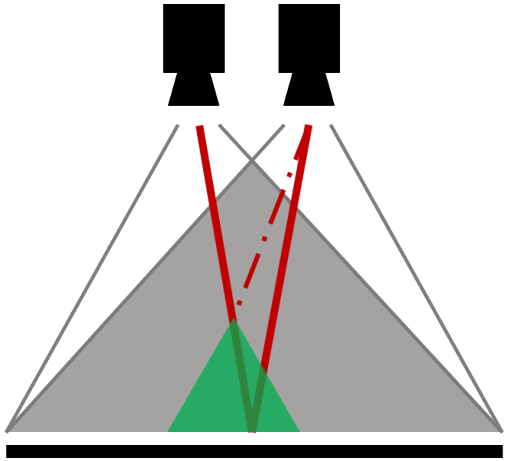
- Variable Messung unterschiedlichster Proben
  - Flache Proben (Papier, textile Halbzeuge, …)
  - Geometrisch bestimmte Proben
  - Geometrisch unbestimmte Proben



1 Motivation: Zeilenkameras mit mehreren Bildkanälen

3D-Messung

- Passive Stereoskopie
- 2 Bildkanäle betrachten dieselbe Szene
- Höheninformation aus Versatz von Bildmerkmalen

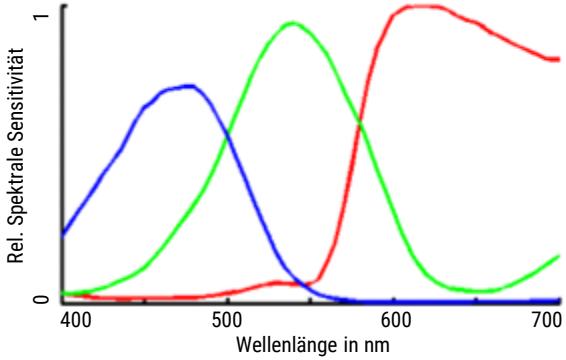


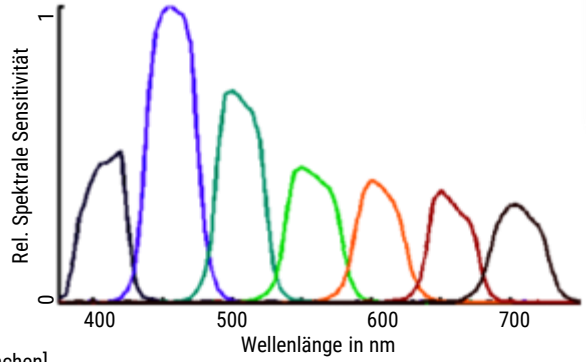
[Chromasens GmbH]

Farbmessung

- Zerlegung elektromagnetischer Strahlung in Spektralbereiche
- Druckindustrie, Lebensmittelindustrie, …

[Chromasens GmbH]

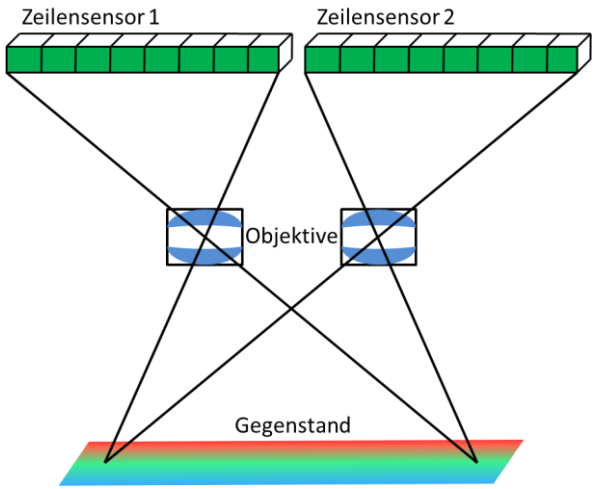


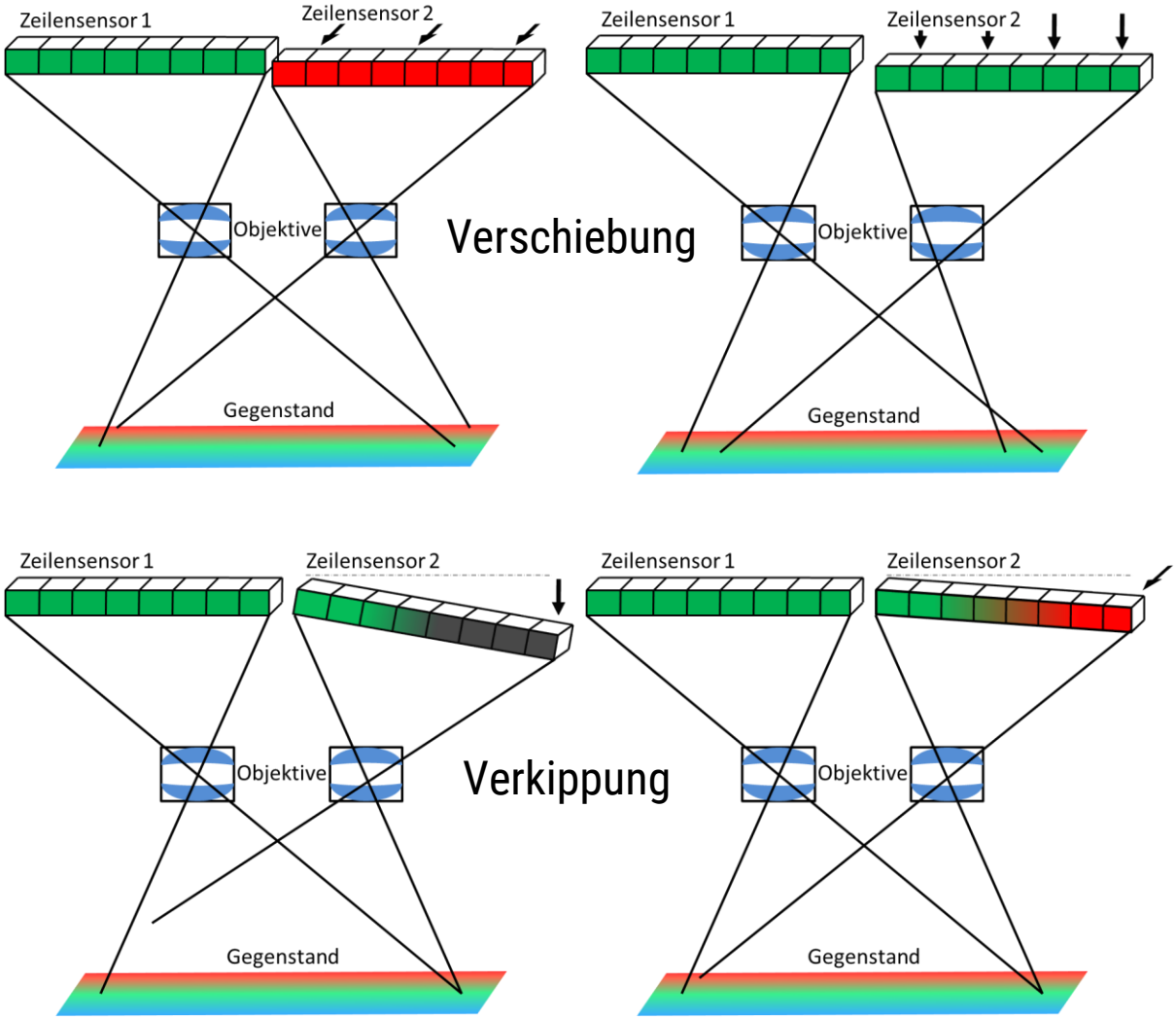


[RWTH Aachen]

2 Zielstellung für die konstruktive Realisierung

Kamerasystem



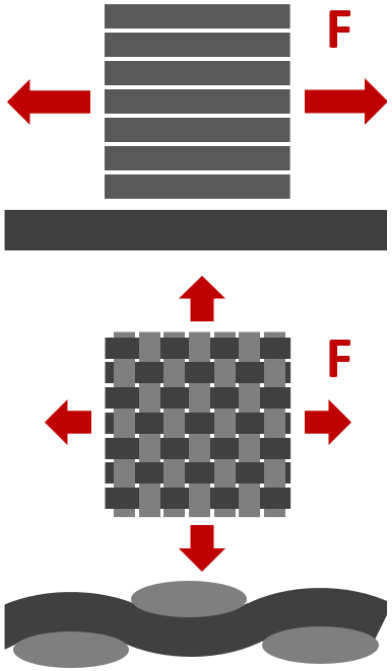


2 Zielstellung für die konstruktive Realisierung

Kamerasystem

- Kollinearität der Scanlinien sicherstellen (Sensoren und Objektive)
- Belastungsgerechte Befestigung sensibler, optischer Komponenten (Objektive und Sensoren)
- Temperaturstabilität im Betrieb (Temperaturmanagement)
- Keine beweglichen Teile am Kamerasystem
- Mechanische Stabilität gegenüber äußeren Belastungen nach DIN EN 60721-3
  - Klassifizierung von Umwelteinflüssen, ortsfest und wettergeschützter Einsatz
- Gewichtsreduzierung für mobile Anwendungen (robotergeführter Einsatz)

3 Entwicklung Messsystem



CFK-Gehäuse

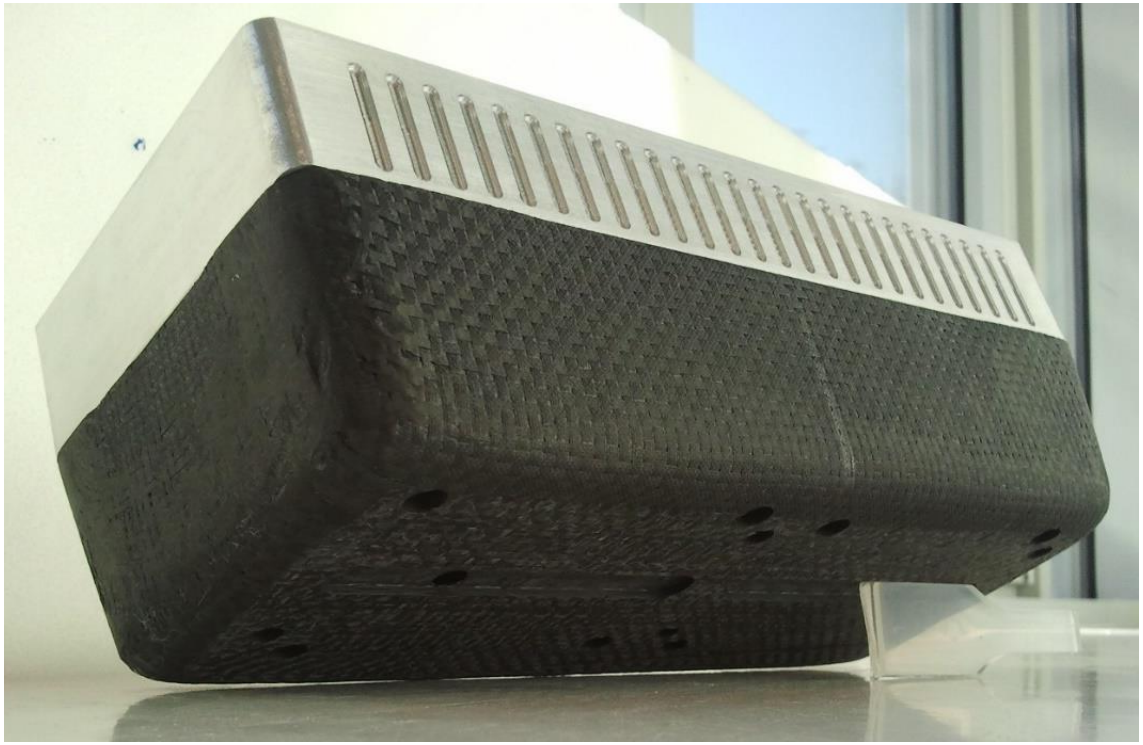
- Ausnutzen der vorteilhaften Werkstoffeigenschaften
- Belastungsgerechter Lagenaufbau
- Herstellbarkeit (Laminierfähigkeit)

- Integration aller Schnittstellen
- Funktionsflächen für:
  - Optik
  - Sensoren
  - Kamerabefestigung

3 Entwicklung Messsystem

CFK-Gehäuse

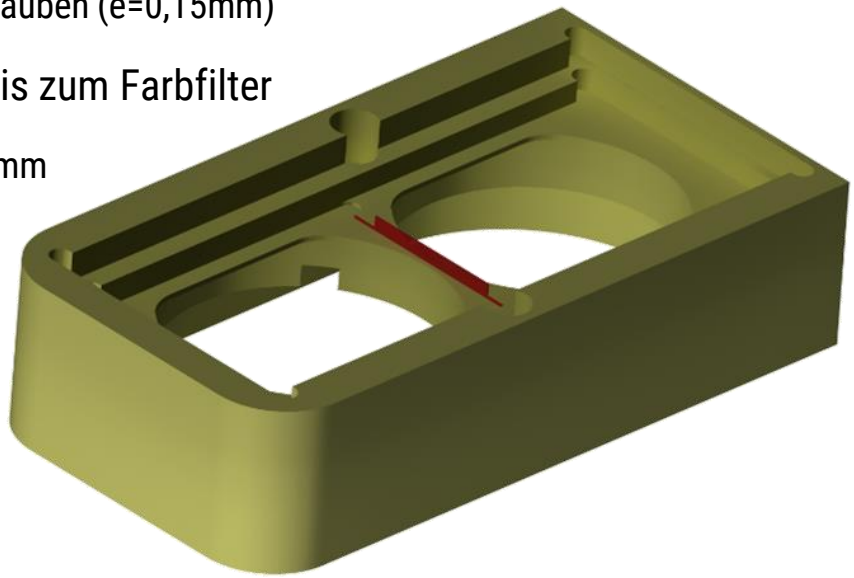
- CFK nur im Bereich der Sensoranbindung
- Monoblock-Gehäuse aus CFK nicht zielführend
  - Fertigungsaufwand
  - Temperaturmanagement
- Hybrider Gehäuseaufbau zur Funktionsoptimierung



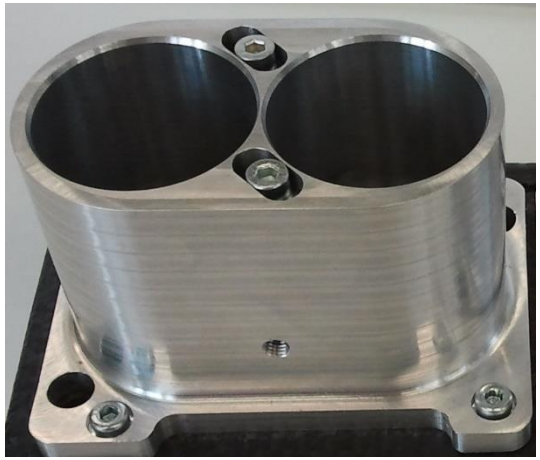
3 Entwicklung Messsystem

Aluminium-Objektivträger

- Reversible Anbindung des Objektivträgers an das CFK-Gehäuses
- Bohrungen an Strahlengang anpassen
- Fixierung von 4 Objektiven
- µm genaue Positionierung der Objektivträger (optischen Achse)
  - Positionierung des Objektivträgers mittels Exzenterschrauben (e=0,15mm)
- Räumliche Trennung der Bildkanäle vom Sensorglas bis zum Farbfilter
  - Trennung der Farbfilter mit einem Materialsteg von 0,2 mm

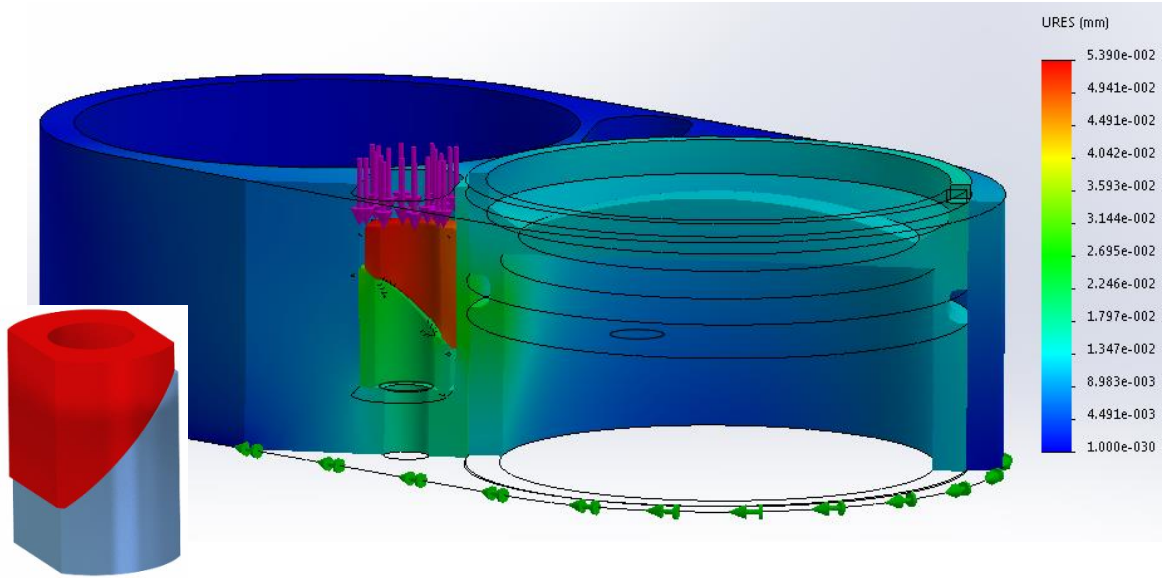


3 Entwicklung Messsystem



Objektivträger

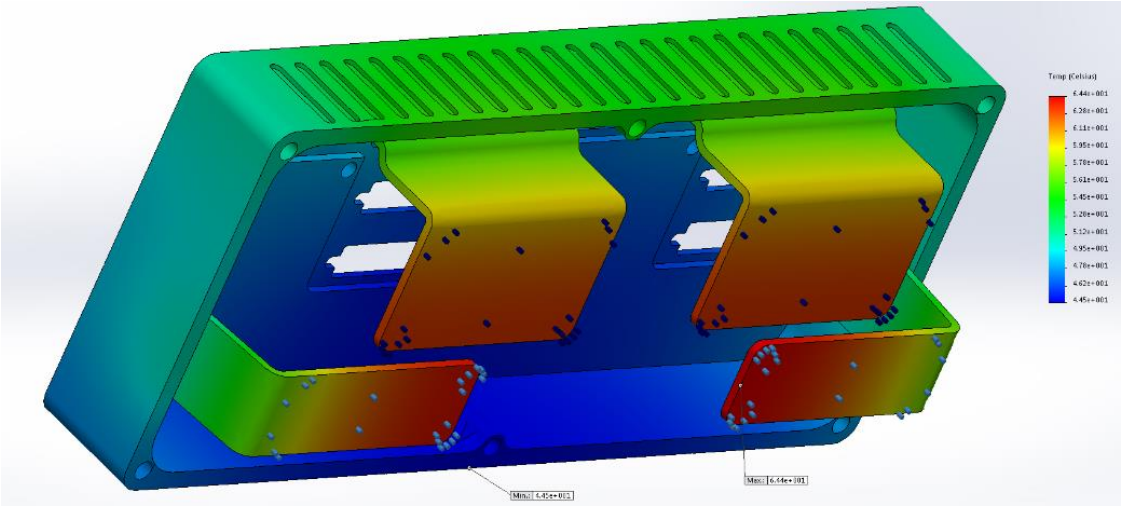
- Suche nach dauerfester und platzsparender Objektivbefestigung
- Bisherige Lösungen: punktuelle Krafteinleitung / Platzbedarf zu groß
- Ideen: Klemmung mittels radialer Druckschraube oder Elastomerverformung
- Lösung: Druckkraftregulierte Festkörperverformung mittels Keilklemmung
- SolidWorks-Simulation:
  Simulation der Verschiebungen und Mises-Vergleichsspannung
- $u_{res} = u_{Passung} + u_{Klemmkraft}$
- Druck-/ Klemmkraft auf Optik über Schrauben-Vorspannkraft regulierbar



3 Entwicklung Messsystem

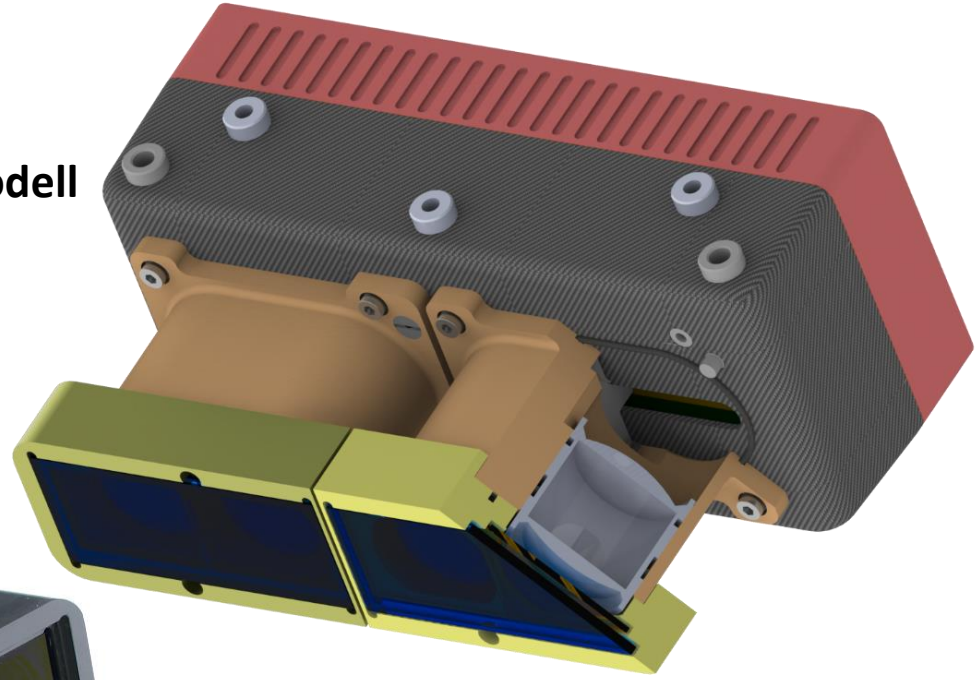
Temperaturmanagement

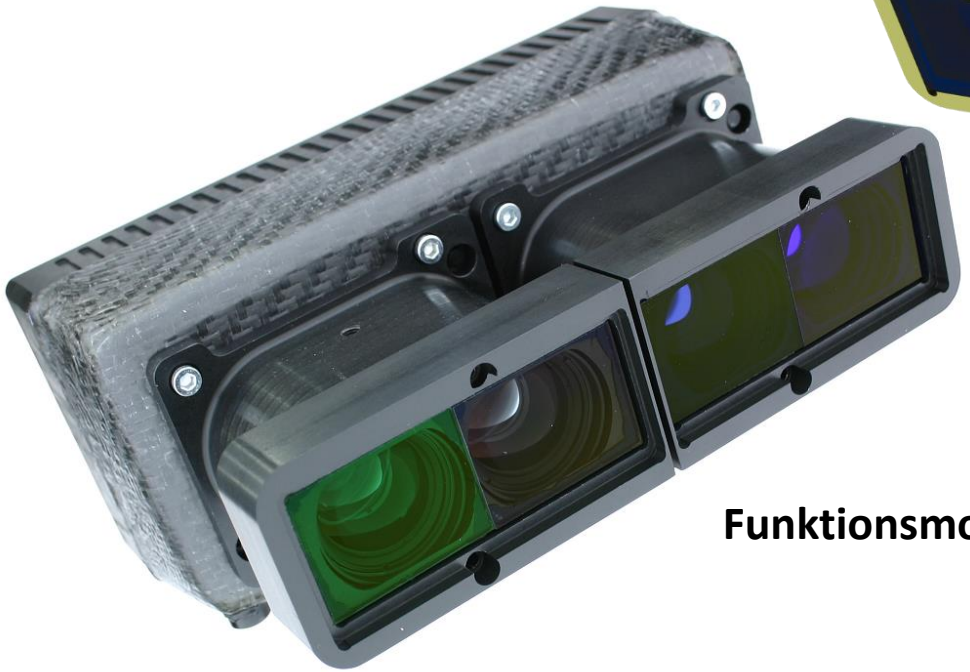
- Kompensation der geringen Wärmeleitfähigkeit des CFK notwendig
- Vorgabe: keine Verwendung beweglicher Teile im Gehäuse, keine Lüfter
- Wärmetransport durch Wärmeleitung
- Kupferleitungen 400 W/(mK)
- SolidWorks-Simulation:
  Simulation der Wärmeleitung
- Tendenz einer erhöhten Temperatur gegeben
- Abweichung von realer Temperaturmessung beträgt ca. 5 °C



3 Entwicklung Messsystem

CAD-Modell





Funktionsmodell

4 Entwicklung Versuchsstand

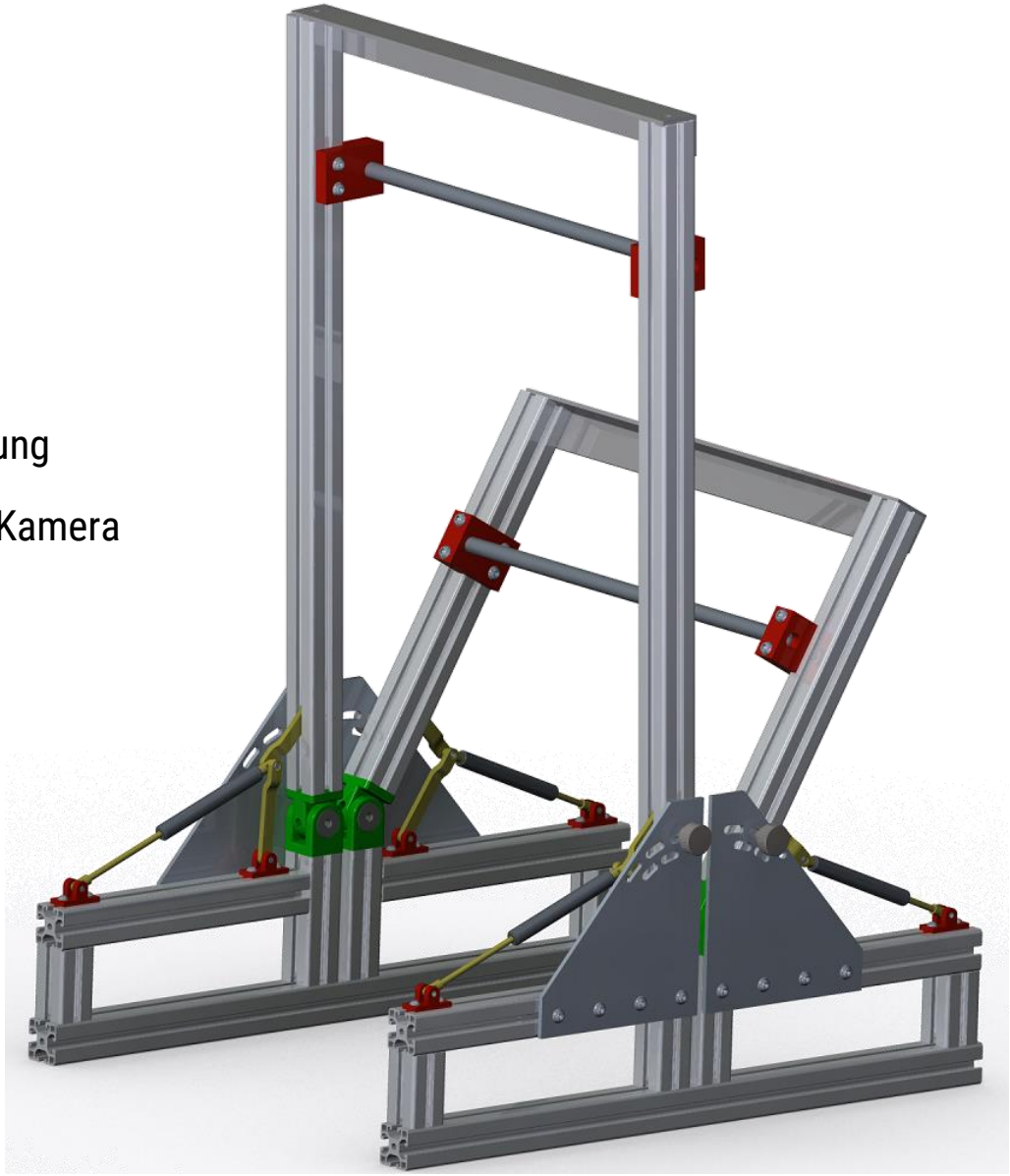
Anforderungen

- Erweiterte Funktionalität für zusätzliche Messaufgaben
- Aufnahme/ Befestigung unterschiedlicher Kameras (Vergleichbarkeit)
- Relativbewegung zwischen Kamera und Messobjekt (Verfahrweg)
- Aufnahmestrategie: Winkelverstellung 0 - 45 °
- Beleuchtungsstrategie: Hell-, Dunkelfeld, Dome-Licht
- Höhenverstellbarer Probentisch für Proben bis Größe A2 und Probenhöhen von 0 – 40 mm
- Sichere Handhabung des Versuchsstandes

4 Entwicklung Versuchsstand

Gestell

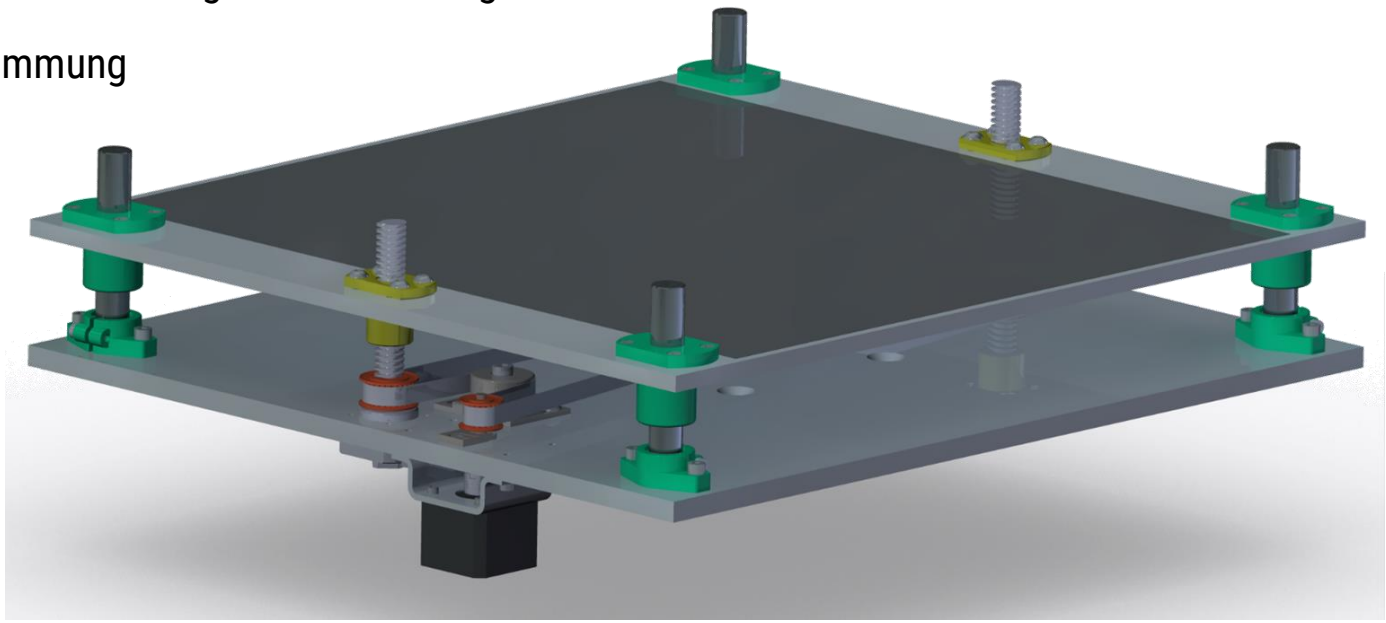
- Gestell: 40er Aluminiumprofil
- Portalbauweise
- Jeweils ein Portal für Kamera und Beleuchtung
- Rundprofile für variable Positionierung von Kamera und Beleuchtung
- Lochblech für Winkeleinstellung der Portale
- Koppelmechanismus mit Gasdruckfeder zur Kompensation des Kippmomentes



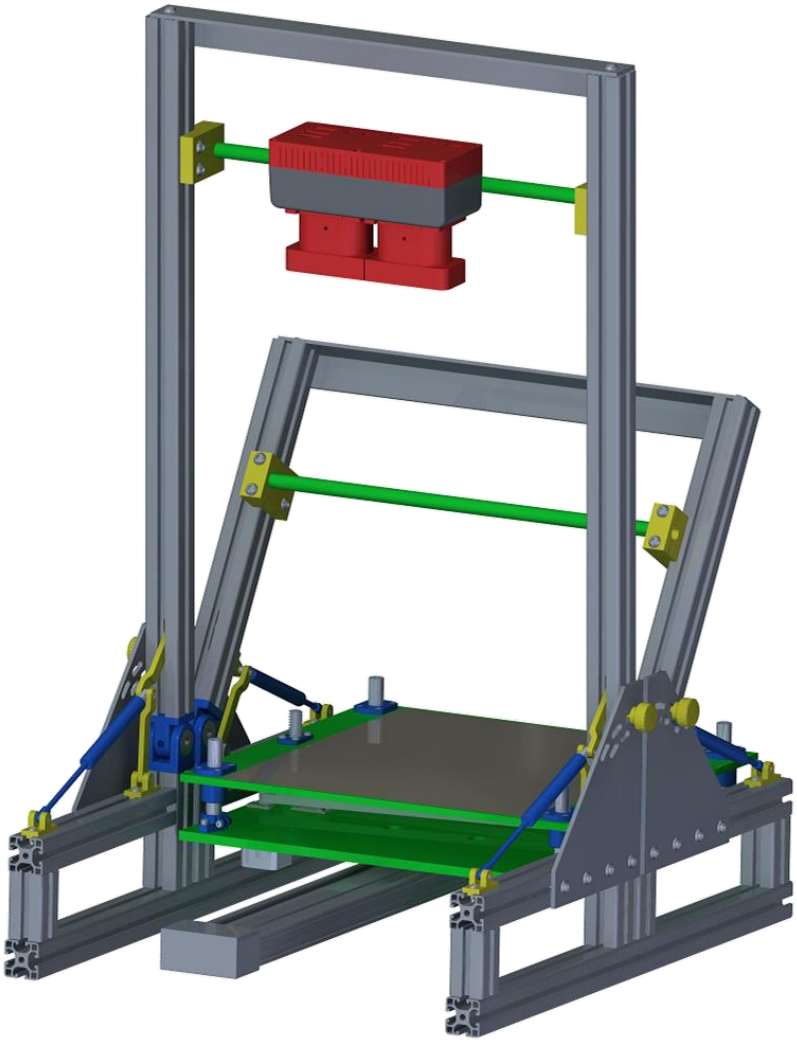
4 Entwicklung Versuchsstand

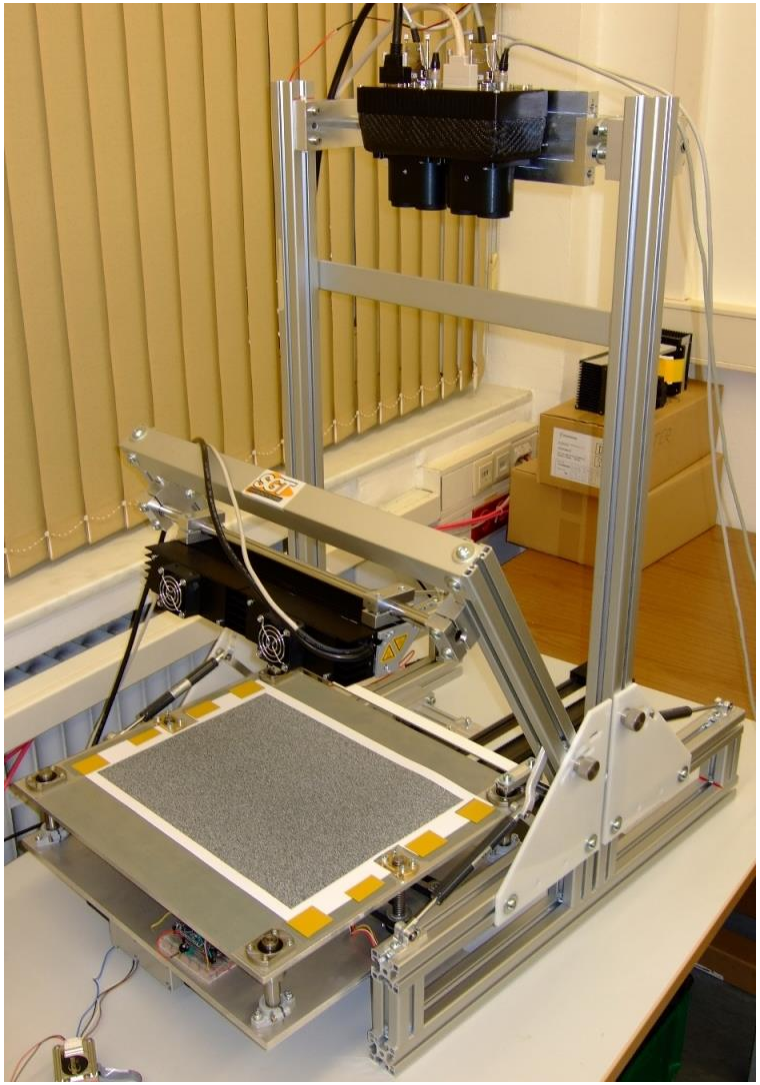
Hubtisch

- Spannungsarme Aluminium-Gussplatten
- Höhenverstellung über Spindelantrieb mit Schrittmotor und Synchronriemen
- i = 1,44 (besser i ≥ 2)
- Führung der Probenplatte mit 4 Kugelumlaufführungen
- Problem der Überbestimmung
- $\ddot{u} = 6(k-1) + f - \sum_{i=1}^{k} f_i$
- ü = 21



4 Entwicklung Versuchsstand

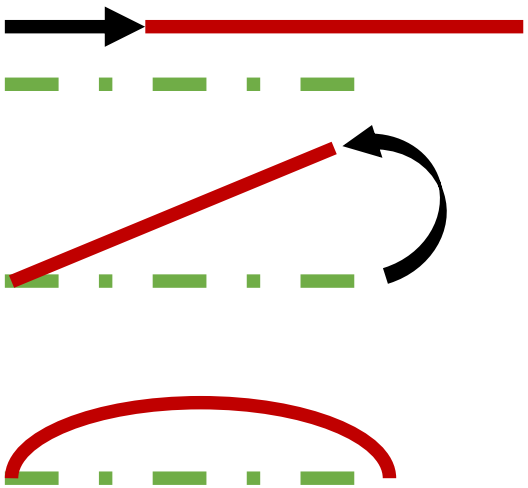


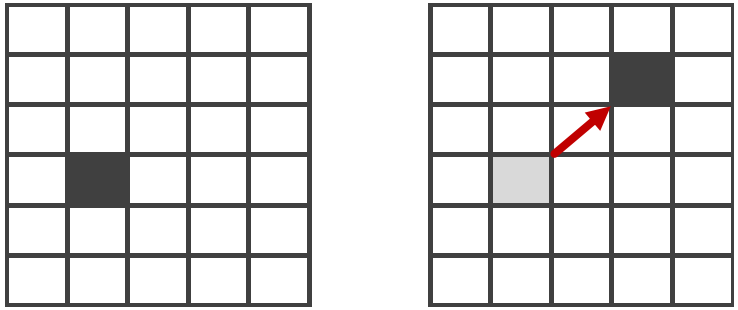


4 Zielstellung - Verifikation Messsystem

Verifikationsansatz

- Erfassen von Veränderung am Messsystem hervorgerufen durch:
  - Mechanische Belastungen
  - Thermische Belastungen
- Veränderungen am System: Verschiebung, Verdrehung und Verformung
- Direkte Messung oder indirekte Messung von Veränderungen
  - Relativbewegung von Bildmerkmalen zwischen Bildkanälen



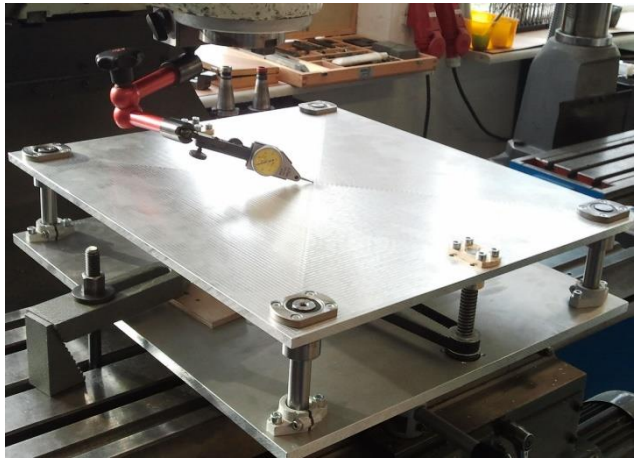


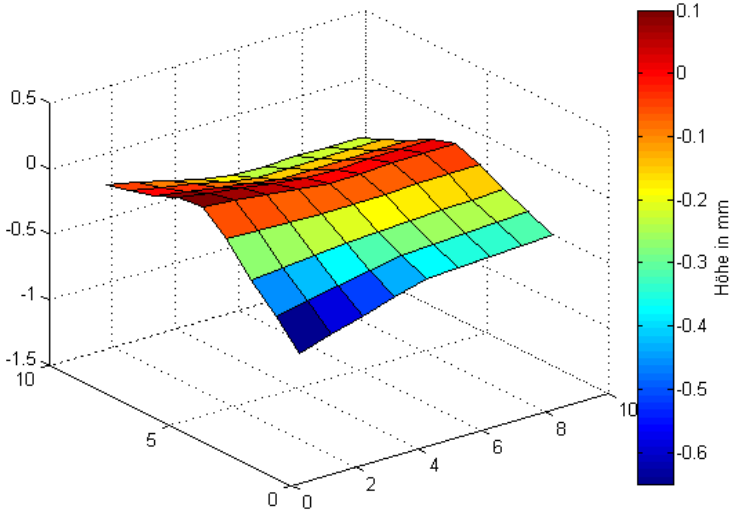
- Entwicklung eines Prüfstands für Kameraaufnahmen

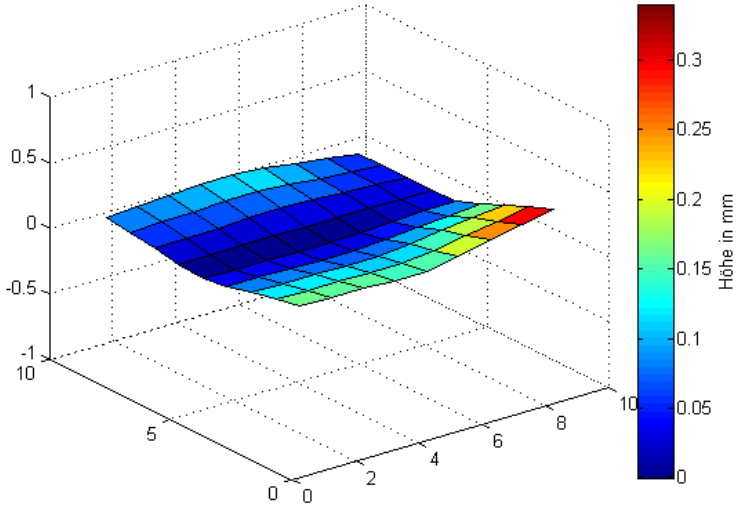
4 Verifikation Versuchsstand

Hubtisch

- Lauffähigkeit trotz Überbestimmung
  - Geringer Hub: 40 mm
  - Hoher Justageaufwand
  - Vorsehen von Spielpassungen
- Ebenheit der Messplatte -0,65 mm/ +0,35 mm
- Schärfentiefe der Kamera ca. 20 mm



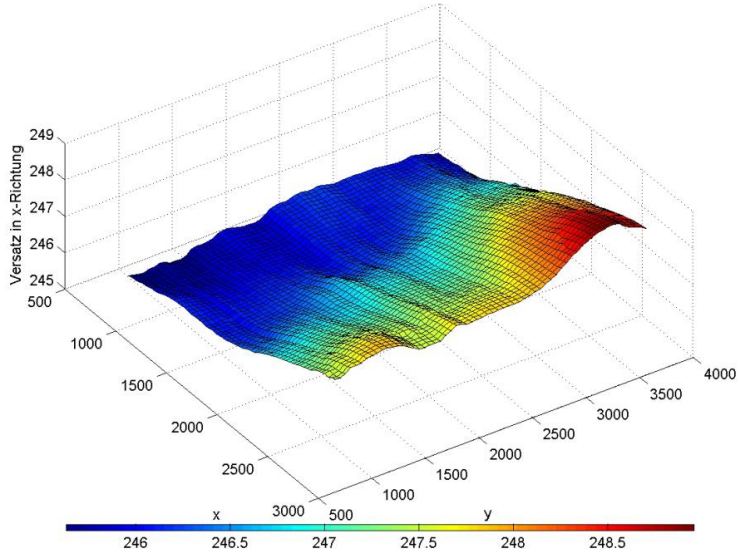




4 Verifikation Messsystem

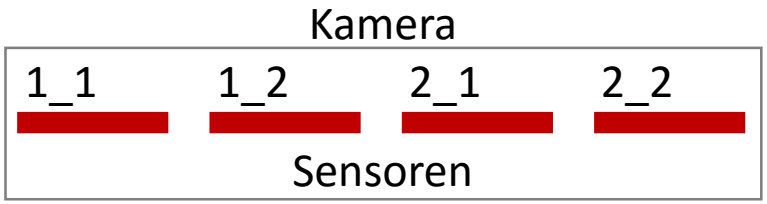
Mechanische Stabilität

- Schwingungsbelastung und Stoßbelastung nach DIN EN 60721-3-3
- Servohydraulische Prüfmaschine: ZWICK HC10
- Schwingungsbelastung: sinusförmig, f = 2 bis 120 Hz
- Stoßbelastung: a = 70 m/s²

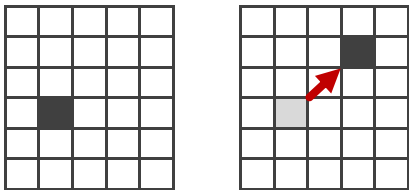


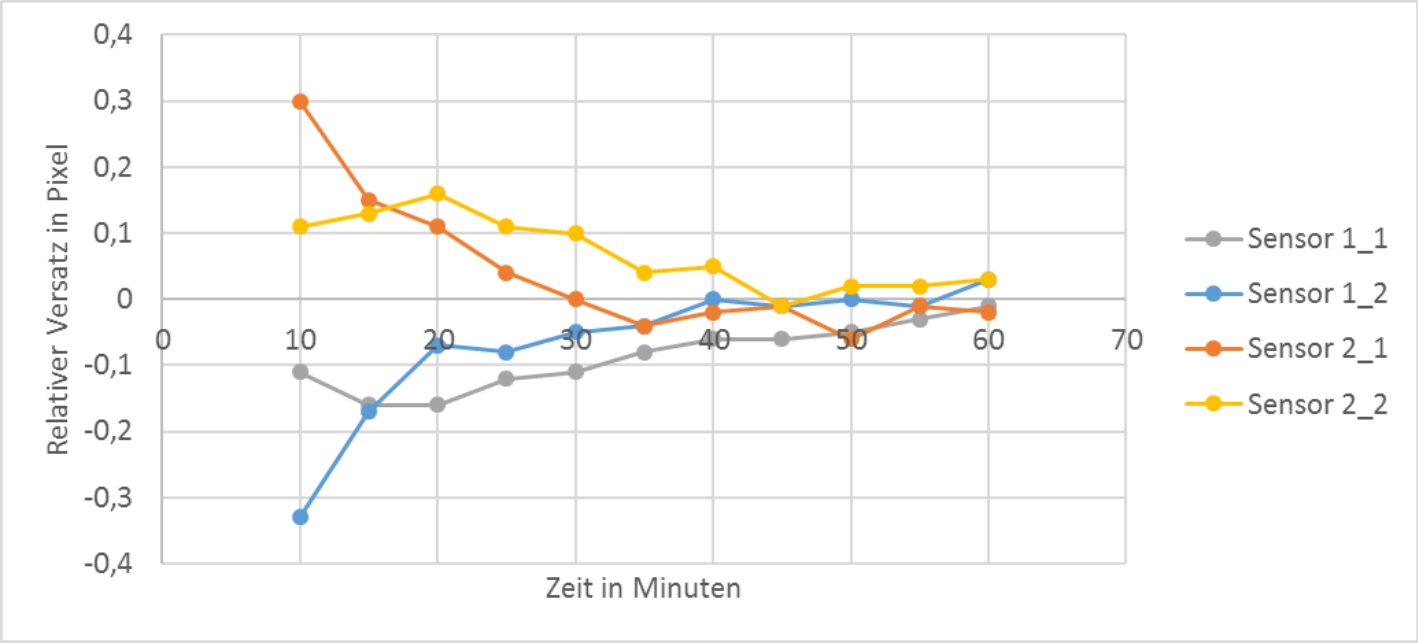
4 Verifikation Messsystem

Thermische Stabilität

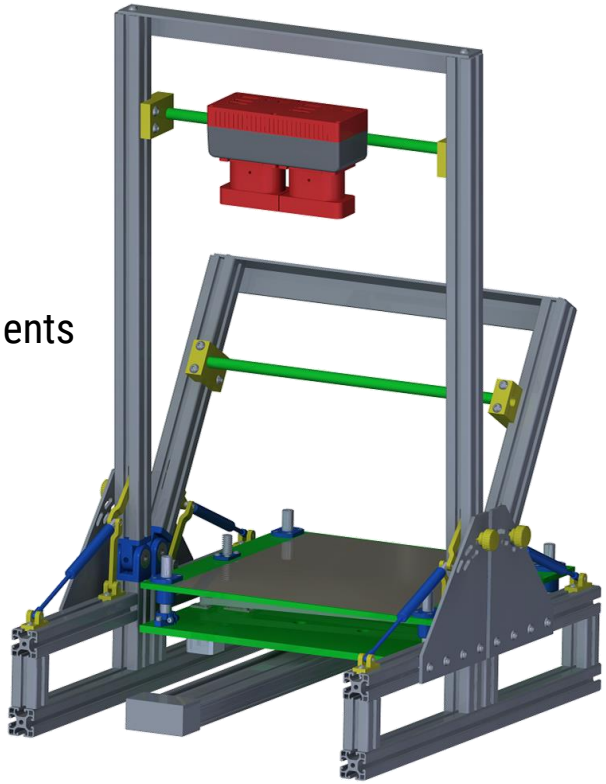


- Temperaturdifferenz: ΔT = 45 °C
- Symmetrischer Verlauf der Versatzbewegung
- Qualitativer Unterschied der relativen Verschiebung zwischen den Sensoren





5 Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung

- Anforderungen an ein Zeilenkamerasystem mit mehreren Bildkanälen
- Simulation der Keilklemmung des Objektivs und des Wärmemanagements
- Konstruktion eines Gestells für Kameraaufnahmen
- Konstruktion eines Hubtisches für Proben mit variabler Höhe
- Analyse des Kamerasystems hinsichtlich Veränderungen durch mechanische und thermische Belastungen

Ausblick

- Kombination von 3D- und Farbmessung
- 3-dimensionales Messen von glänzenden Materialien (Kunststoff/ Metall)

Professur Montage- und Handhabungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz

Qualitätsmanagement ISO 9001:2008
Zertifikats-Reg.-Nr. 103325 QM08

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

E N D E

Literaturnachweis

1. http://www.lfb.rwth-aachen.de/research/basic-research/multispectral/
2. http://www.chromasens.de/de