

Optimierung eines Transport-Schutzkoffers optischer Messgeräte mittels numerischer Simulation

Tobias Maul 2014-10-08

Inhalt

- Einführung
- Grundlagen
- Simulationsmodell
- Materialmodell
- Simulation
- Fallversuche
- Vergleich Simulation - Fallversuche
- Designoptimierung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Einführung

- when it has to be **right**



Totalstationen



GNSS Antennen



Laserscanner

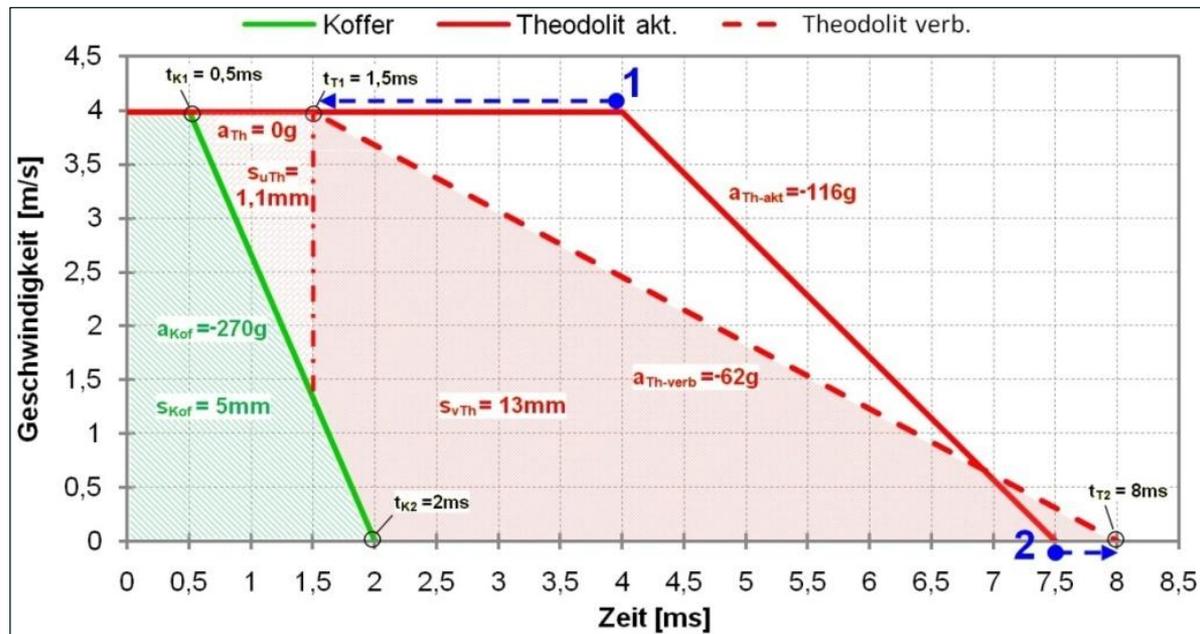
Einführung

- Wie genau kann die schützende Wirkung des Transportkoffers von Theodoliten mittels Simulation abgebildet werden?
- Inwiefern kann mit dem erstellten Simulationsmodell eine Bewertung, ein Vergleich und eine Optimierung von Designvarianten erfolgen?



Grundlagen

- Prinzip des Geschwindigkeitsangleiches:
 - aus dem Geschwindigkeitsangleich (Ursache) zwischen dem Gerät und der umgebenden Struktur resultieren die Belastungen (Wirkung) auf das Gerät



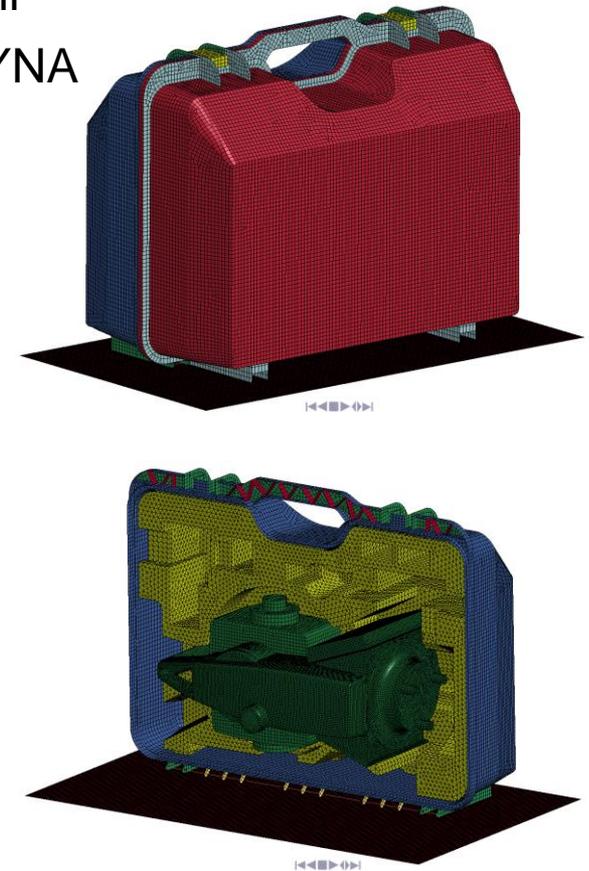
- **1:** bessere Anbindung des Theodoliten an Kofferschale (vgl. Gurtstraffer & Airbag)
- **2:** bessere Effektivität des genutzten Vorverlagerungsweges (vgl. Gurtkraftbegrenzer)

Simulationsmodell

Modellvereinfachung
mit NX 8.5



Modell
in LS-DYNA



- Kofferschale: Mittelflächen Schalennetz
- Schaumstoffinlay: Tetraeder Volumennetz
- Theodolit: Oberflächen Schalennetz, rigid

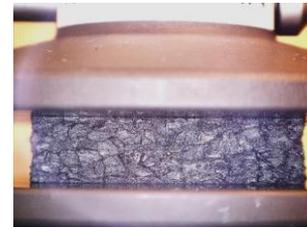
Materialmodell

MAT_FU_CHANG_FOAM

- für reversible Schaumstoffe geringer Dichte (bis 200kg/m^3)
- Hyperelastisches Materialmodell
- Dehnratenabhängigkeit kann abgebildet werden
- Schaumstoffe geringer Dichte
 - Querkontraktion annähernd gleich Null
 - 1-dimensionales Materialgesetz
 - Direkte Eingabe technischer Spannungs-Dehnungs Kurven möglich
- Materialmodell für die praktische Anwendung im Ingenieurbereich

Materialmodell - Versuche

Druckversuche: quasistatisches Materialverhalten

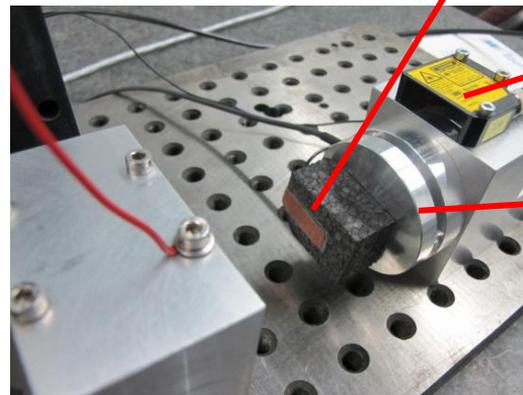


Pendelschlagversuche: dynamisches Materialverhalten



Winkelencoder

Trigger

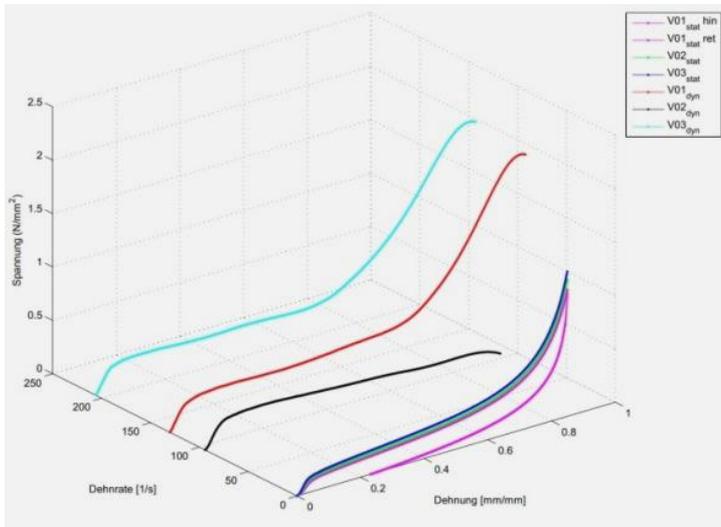


Triangulations-
encoder

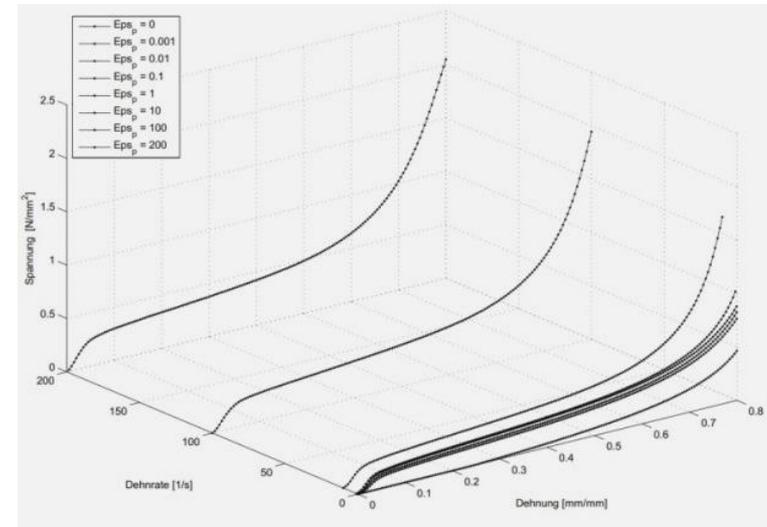
Kraftmessdose

Materialmodell - Ausarbeitung des Materialmodells

Dehnratenabhängige Messkurven

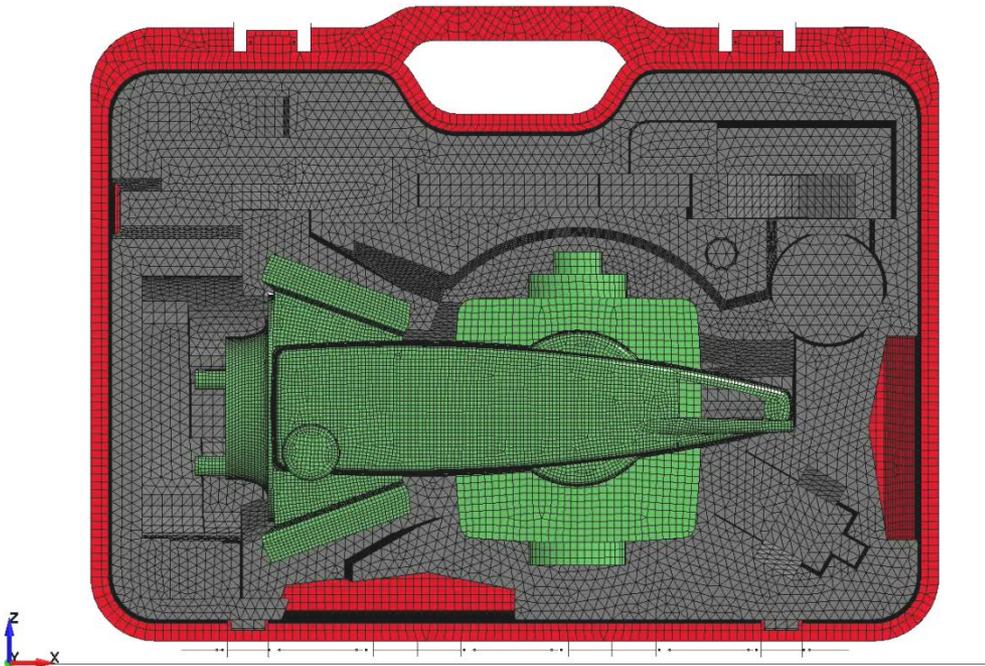


Dehnratenkonstante Materialkurven



Simulation

Drop Test Carry Case - POS 1
Time = 0

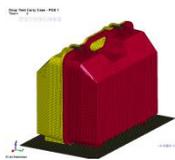
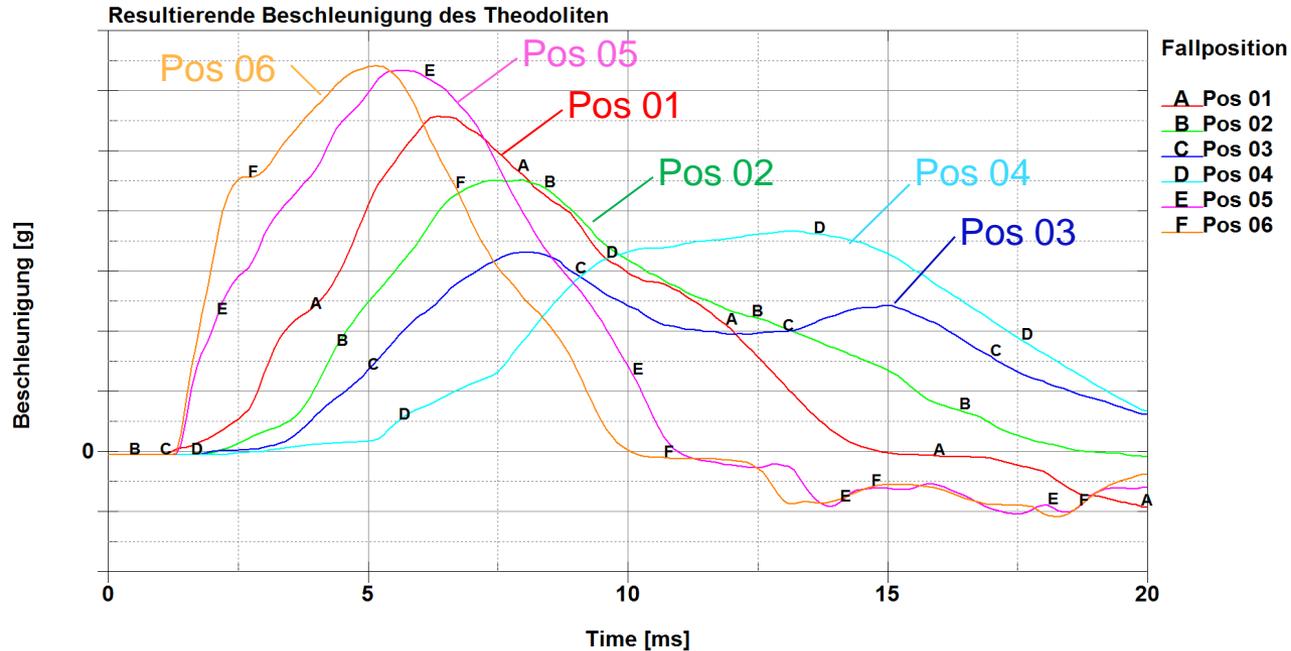


Erkenntnisse:

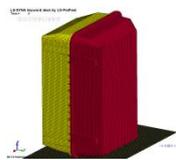
- Relativbewegung des Theodoliten im Koffer (=Vorverlagerungsweg)
- Verkippen des Theodoliten
- Kollision des Fernrohrkörpers
- Kollision der Drehknöpfe

Simulation

Vergleich der Verzögerungen verschiedener Fallpositionen



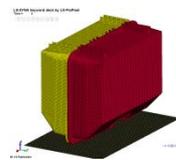
Pos 01



Pos 02



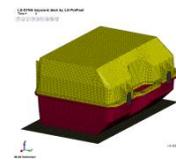
Pos 03



Pos 04



Pos 05



Pos 06

Fallversuche

Aufbau des Fallprüfstandes



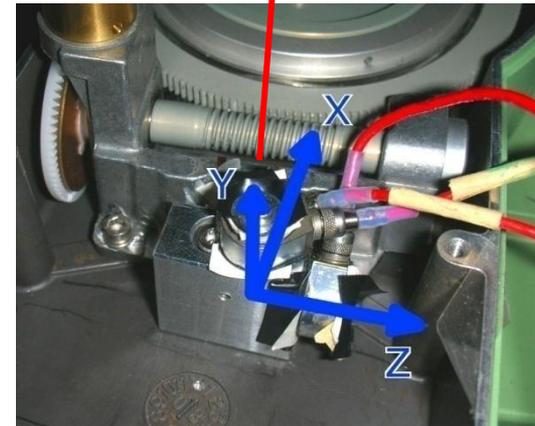
Weg-
messung

Simulant

Proband

Aufschlag
Trigger

Beschleunigungssensoren im Theodoliten (X-Y-Z-Richtung)

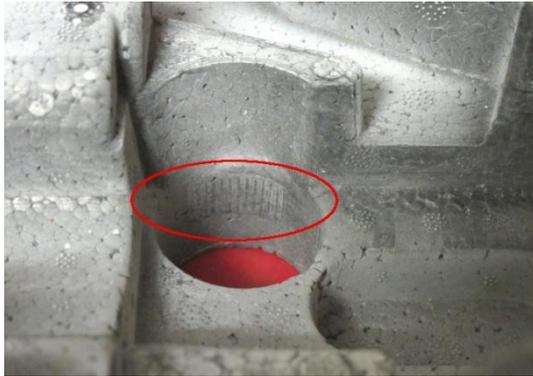


Kontakt
Trigger

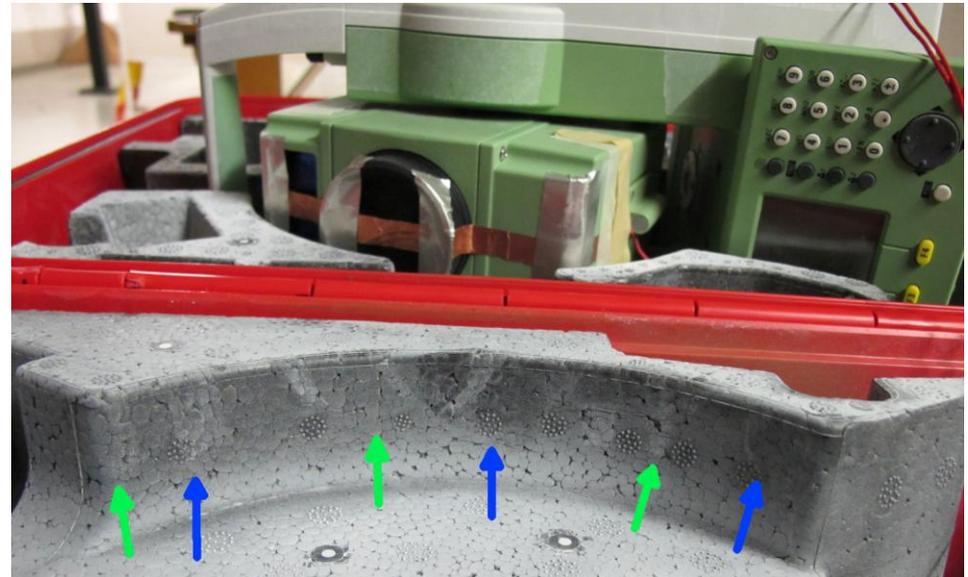


Fallversuche

Kollision Drehknopf



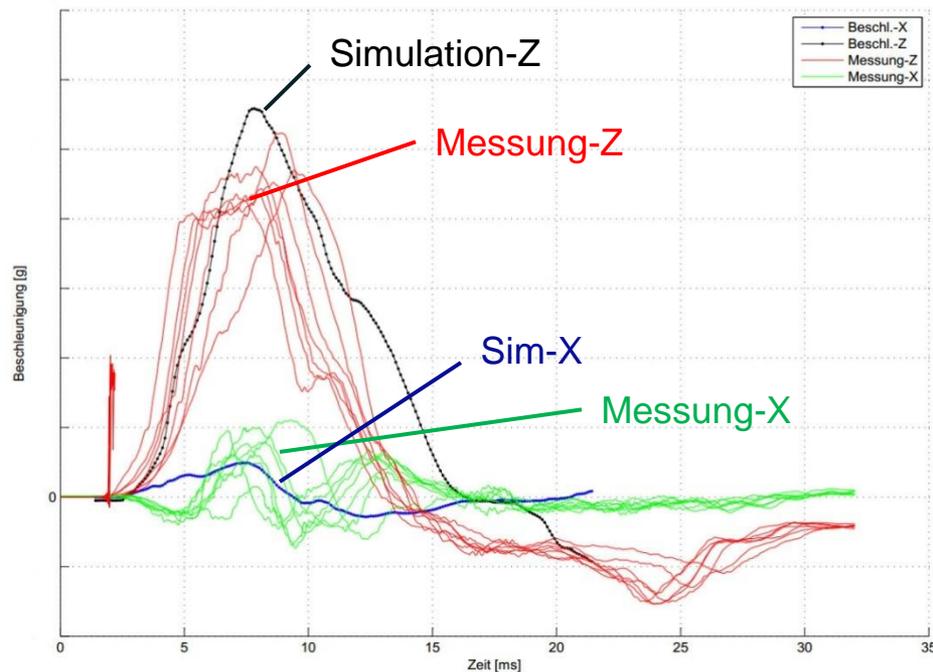
Kollision Fernrohr



Vergleich: Simulation - Fallversuche

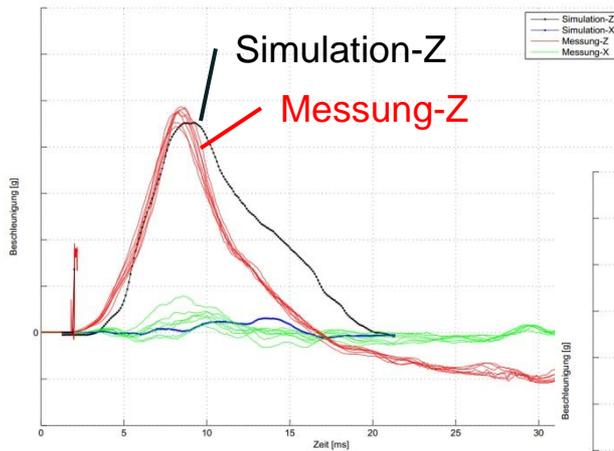
Fallposition 01

- Gute Übereinstimmung im Anstieg der Verzögerung
- Abweichungen der Verzögerungsmaxima wegen Verschiebung des Verzögerungsvektors
- Keine Übereinstimmung der Messung in X-Richtung

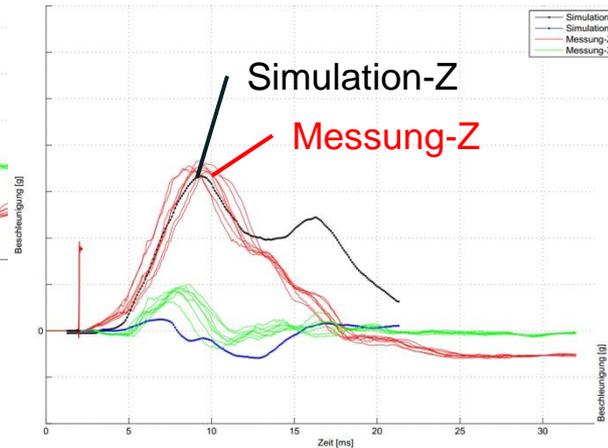


Vergleich Simulation - Fallversuche

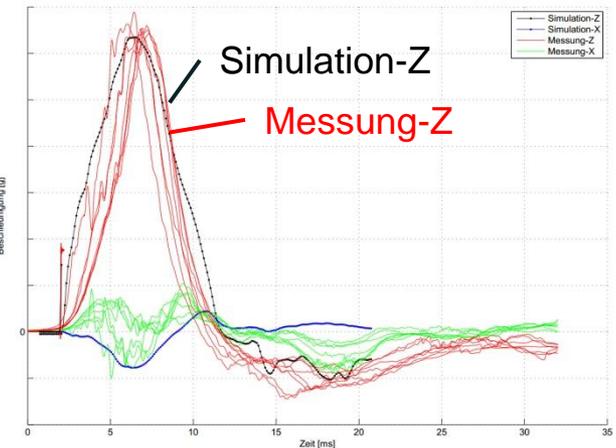
Fallposition 02



Fallposition 03



Fallposition 05



- Gute Übereinstimmung im Anstieg der Verzögerung und bei den Verzögerungsmaxima
- Keine Übereinstimmung der Messung in zweiter Richtung

Designoptimierung

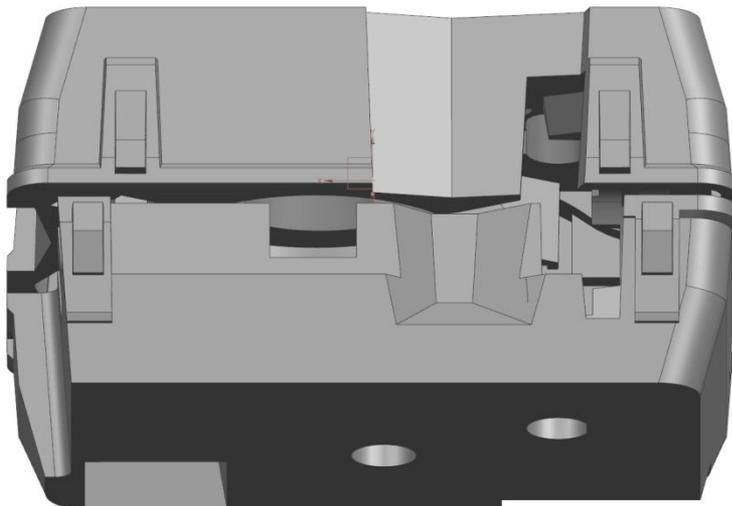
Designziele für zukünftige Inlays:

- Steife Anbindung der Schaumstoffinlays zu den Kofferschalen
- Möglichst großer Vorverlagerungsweg des Theodoliten in jede Hauptwirkungsrichtung
- Symmetrischer Aufbau der Inlays
- Geeignete Positionierung der Zubehörfächer im Koffer
- Ausreichend große Freistellung des Fernrohrkörpers, der Drehknöpfe und der Tastaturen

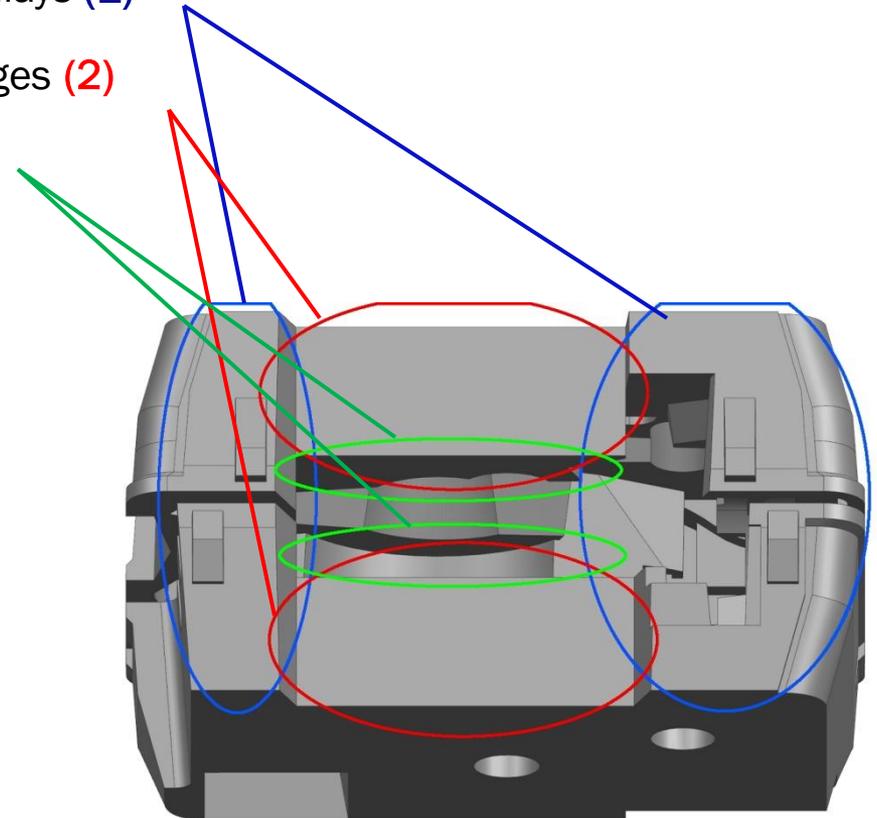
Designoptimierung

Exemplarische Optimierungen für eine Fallrichtung

- Steifere Anbindung der Schaumstoffinlays (1)
- Vergrößerung des Vorverlagerungsweges (2)
- Freistellung des Fernrohrkörpers (3)



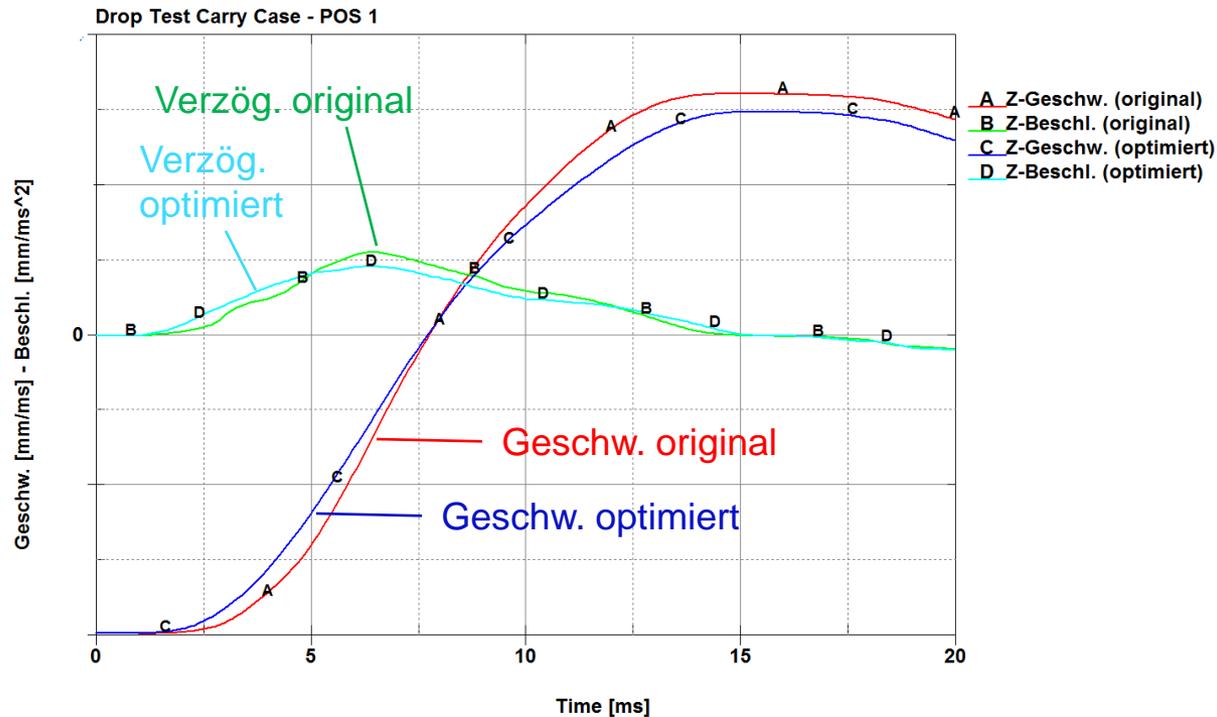
ursprüngliches Inlay



optimiertes Inlay

Designoptimierung

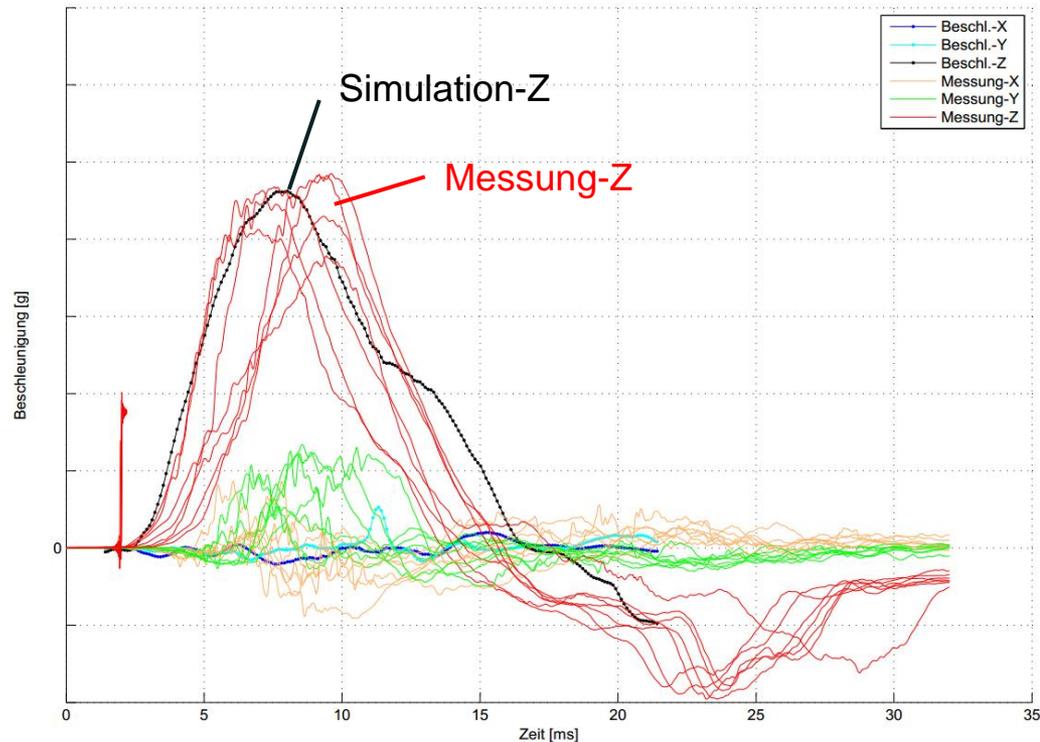
Vergleich der simulierten Geschwindigkeits- und Verzögerungsverläufe



- Verlängerung der Dauer des Geschwindigkeitsangleiches um 10%
- Verringerung der maximalen Verzögerungen des Messgerätes um 18%

Designoptimierung

Vergleich: Simulation – Fallversuche optimiertes Schaumstoffinlay



- Gute Übereinstimmung im Anstieg der Verzögerung und bei den Verzögerungsmaxima
- Keine Übereinstimmung der Messung in X- und Y- Richtung

Zusammenfassung

- Ableitung von Designoptimierungen aus den Erkenntnissen der Simulation
- Messergebnisse stimmen sehr gut mit den Simulationsergebnissen überein
- Simulationsumgebung kann für Falltests anderer Messgerätekofter einfach adaptiert werden

Ausblick

Materialmodell:

- Implementierung von Messdaten aus Zugversuchen
- Spannungs-Dehnungs Kurven bei höheren Dehnraten
- Modell erweitern für EPP Schaumstoffe anderer Dichten

Modellaufbau:

- Vernetzung von externem Dienstleister durchführen lassen
- Messgeräte nicht mehr nur als „rigid“ -Körper modellieren
- Simulation von anderen Belastungsfällen des Gerätes

Weitere Projekte der Firma im Anschluss an Masterthesis:

- Auslegung der Schaumstoffinlays von drei neuen Messgeräteköffern
- Falltestsimulation für ein Gerätegehäuse
- Falltestsimulation für einen Controller

Ausblick

Verbesserung der Akzeptanz der dynamischen FEM Simulation
als Entwicklungsinstrument innerhalb des Unternehmens.

Auslegung zukünftiger Transportkoffer, Gehäusebauteilen und
ganzer Messgeräte mittels „virtual Prototyping“.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit