

3. DUMMY CRASHTEST KONFERENZ | 20.06 – 21.06.2023

Untersuchung der Kollision von E- Scooter-Fahrern mit Bordsteinkanten

Y. Leost, P. Bösl, P. Matt, M. Kurfiß, M. Boljen

Inhalt

- HUMAD Projekt : Motivation
- HUMAD Phase I
 - Versuchsaufbau
 - Ergebnisse und Grenzen
- HUMAD Phase II
 - Versuchsaufbau
- Zusammenfassung

Motivation

Warum sind Kollisionen mit einzelnen E-Scootern an Bordsteinen
— von Interesse?



Darwin / Australia Kreuzung bei Knuckey / Smith street

- 14.05.2022, 03:35 a.m.
- 03.04.2021, 01:28 a.m.
- 04.06.2022, 03:07 a.m.
- 31.03.2022, 03:00 a.m.
- 17.07.2022, 01:52 a.m.
- 28.04.2021, 00:20 a.m.

<https://www.abc.net.au/news/2022-10-20/darwin-escooter-incidents-study-health-system-impact-costs/101554326>

HUMAD Projekt

Motivation



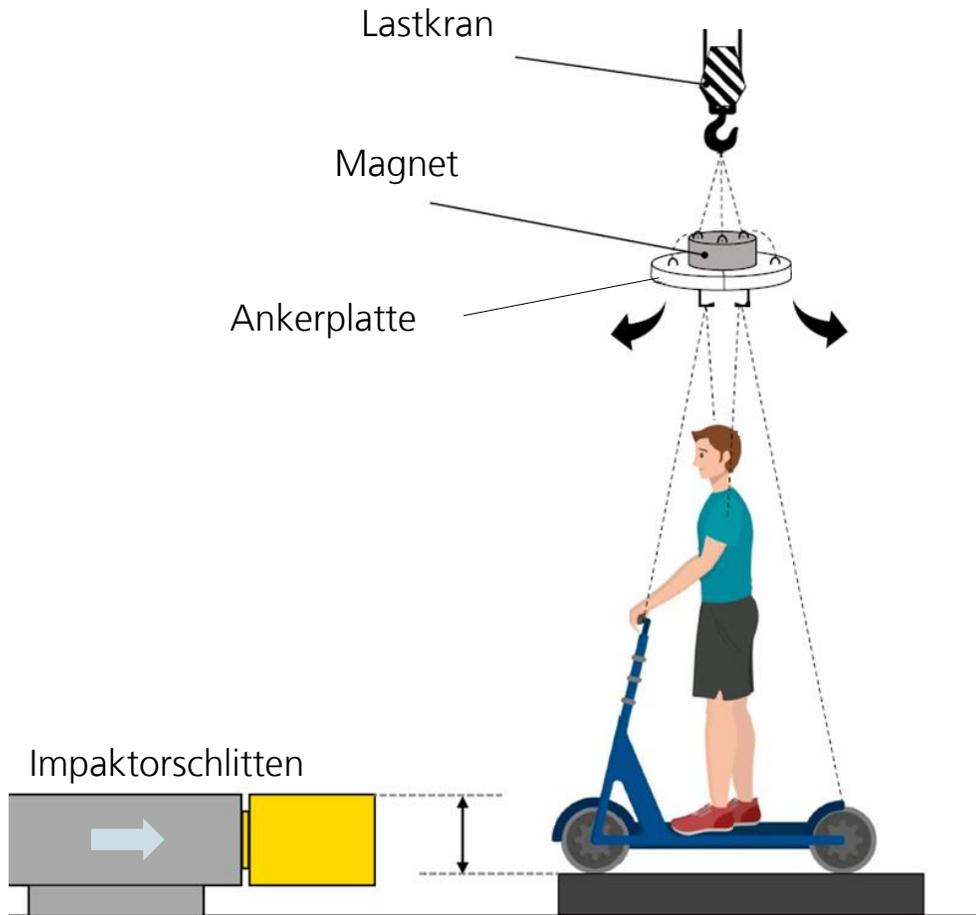
E-Scooter : Deutlich mehr Unfälle 2022 *

- E-Scooter-Unfälle haben um 49% zugenommen : 11 Tote und knapp 8800 Verletzte
(davon 1234 Personen schwer verletzt)
- 40% der verunglückten E-Scooter-Nutzenden sind unter 25 Jahren
- Häufigste Unfallursachen: Falsche Fahrbahnnutzung und Alkohol
- 65% aller E-Scooter-Unfälle mit Personenschaden ereigneten sich in Großstädten
(> 100.000 Einwohnern)

* www.adac.de/news/e-scooter-unfaelle/ , 11.05.2023

HUMAD Phase I

Versuchsaufbau



- Alleinunfallsimulation eines E-Scooter am Bordstein
- Verschiedene Geschwindigkeiten : 20, 30 km/h
- Unterschiedliche Anprallwinkel : 60, 90 Grad
- Einfluss von Helm und Knieprotektoren
- Beschleunigungsmesser für Kopf und Knie
- Vergleich von Test und Simulation



HUMAD Phase I

Dummy - Instrumentierung



Sensoren im Dummy *

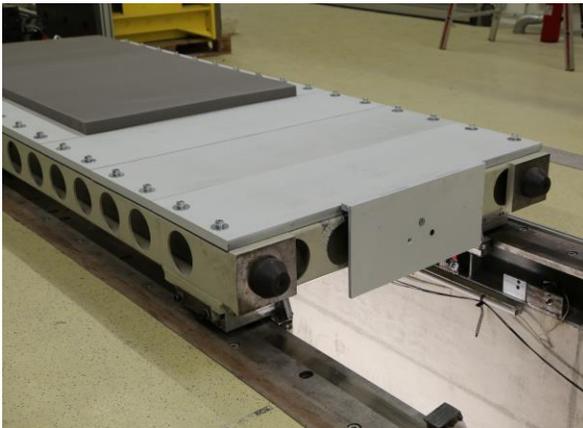
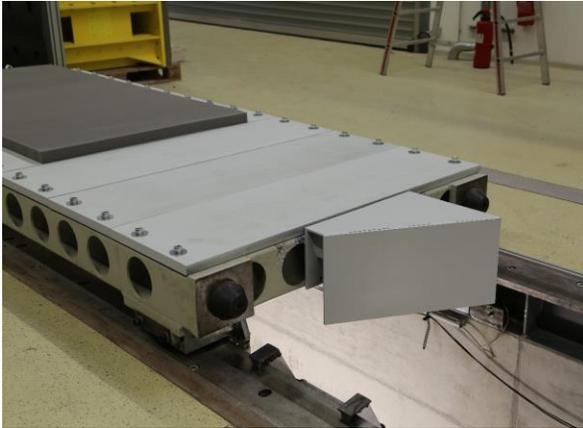
- Kopf
 - 3 x Beschleunigung in X-, Y-, Z-Richtung ± 500 g
 - 3 x Winkelbeschleunigung ± 8 K grad/sek
- Knie
 - 3 x Beschleunigung in X-, Y-, Z-Richtung ± 500 g

* CFC1000 Datenfilterung

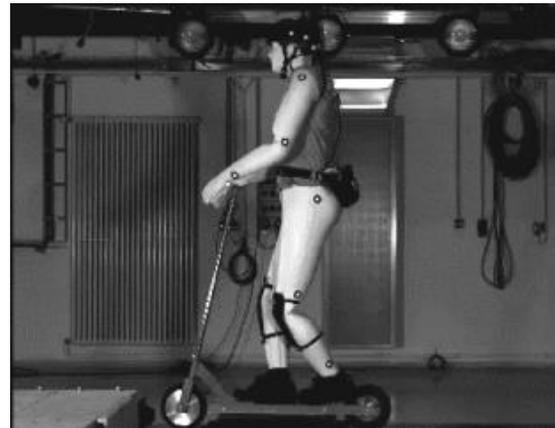
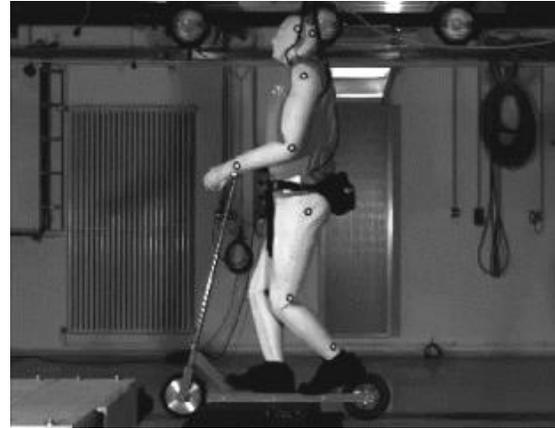
HUMAD Phase I

Beispiele Variationsparameter

60 / 90°



Ohne / mit Protektoren

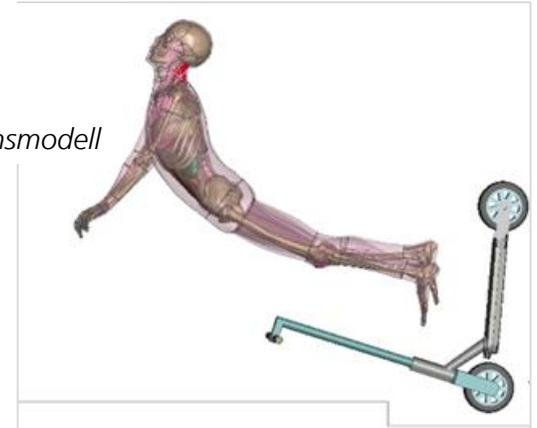


Versuch / Simulation

*CTS
Primus
Dummy*



*THUMS
Mensch-
Simulationsmodell*



HUMAD Phase I

Beispiele Variationsparameter

20 km/h



30 km/h



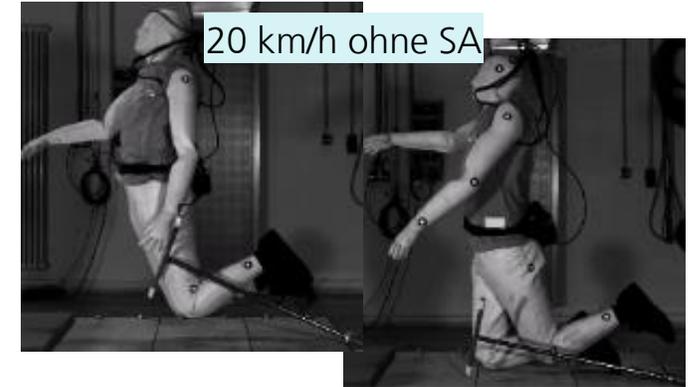
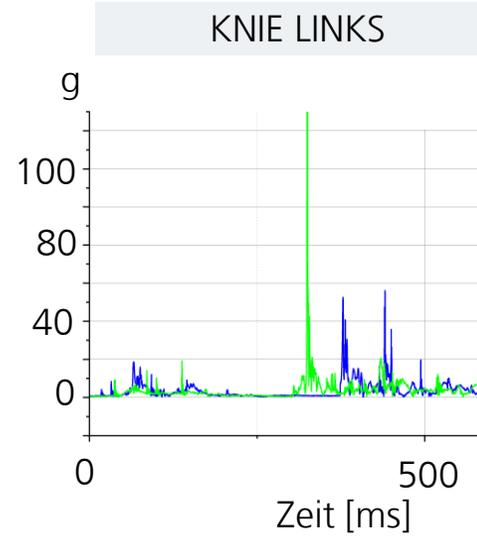
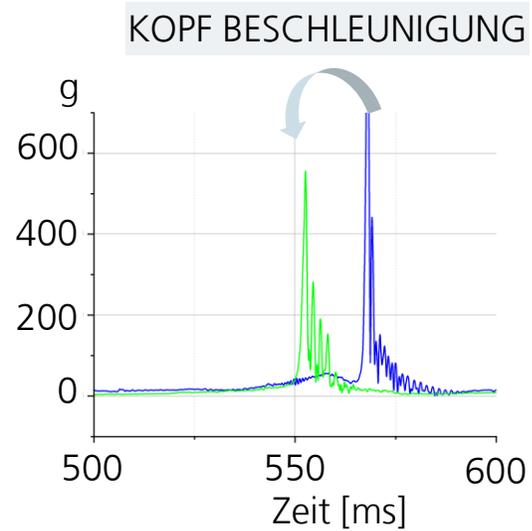
- Die Aufprallgeschwindigkeit hat einen starken Einfluss auf die Körperposition im Moment des Sturzes
 - 20 km/h : eine C-Form mit abschließender Beschleunigung des Kopfes
 - ein fast horizontaler Sturz mit fast gleichzeitigem Aufprall von Kopf und Knien
- Trotz des Pitching-Effekts bei 20 km/h bleibt die Kopfbeschleunigung, im Fall bei 30 km/h stärker.

HUMAD Phase I

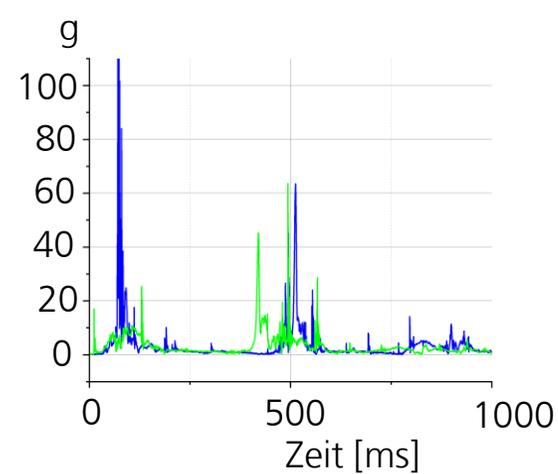
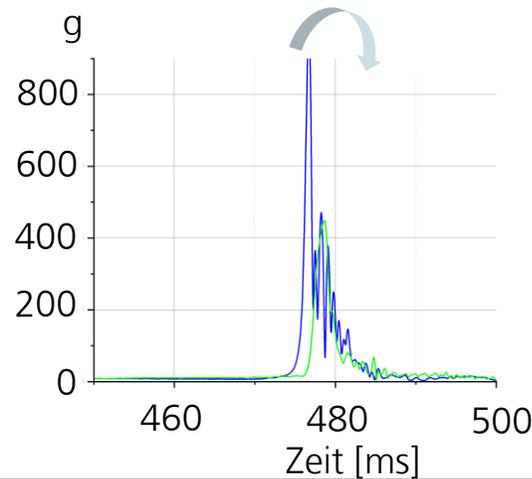
Ergebnisse

- Verbesserung durch Helm quantifizierbar, aber zufälligere Ergebnisse an den Knien

20 km/h ohne SA
20 km/h mit SA



30 km/h ohne SA
30 km/h mit SA

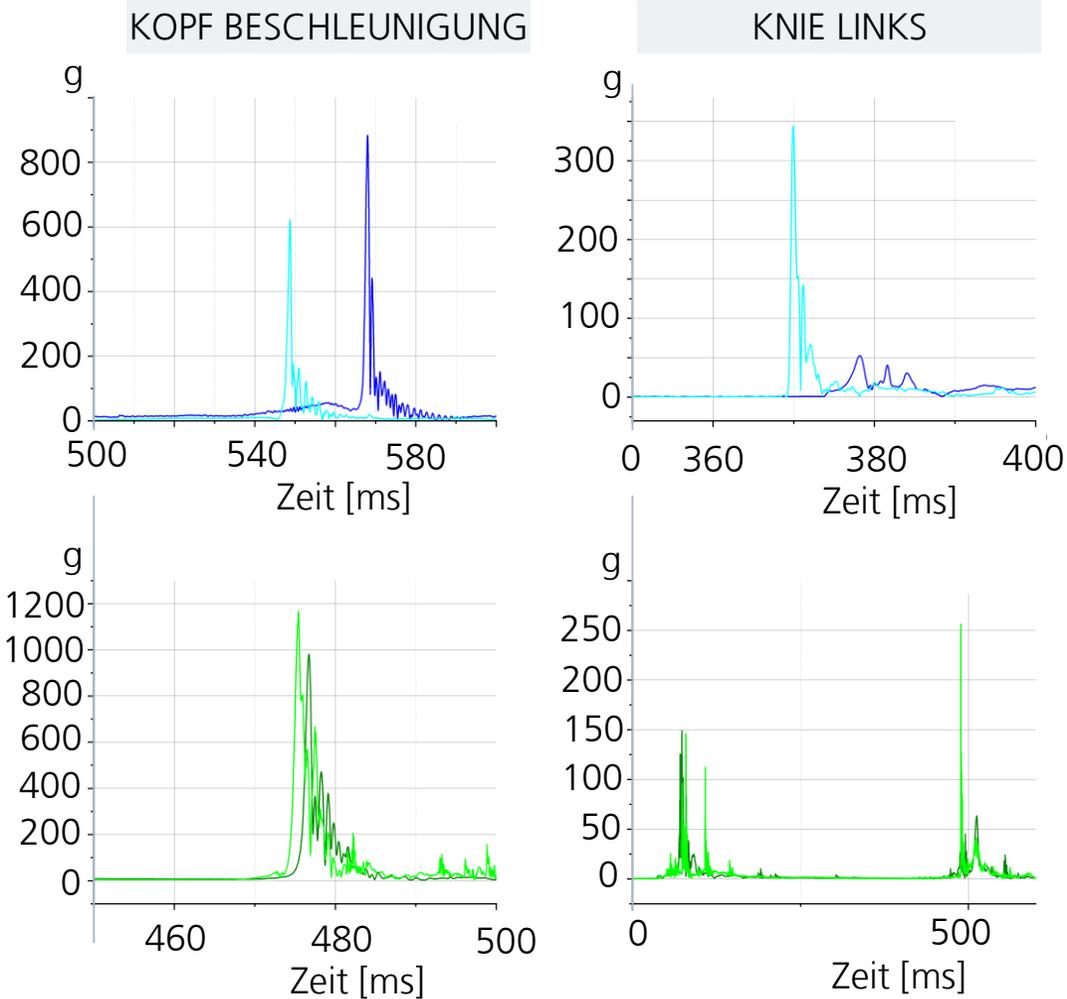


HUMAD Phase I

Ergebnisse - Wiederholbarkeit

- Geringe Reproduzierbarkeit aufgrund zu vieler Parameter, die den Sturz beeinflussen

20 km/h – V1
20 km/h – V2



30 km/h – V1
30 km/h – V2

HUMAD Phase I

20 km/h, 90°



HUMAD / Xiaomi M365 + THUMS / Test: a90 v20 / mm-kg-ms
Time = 0



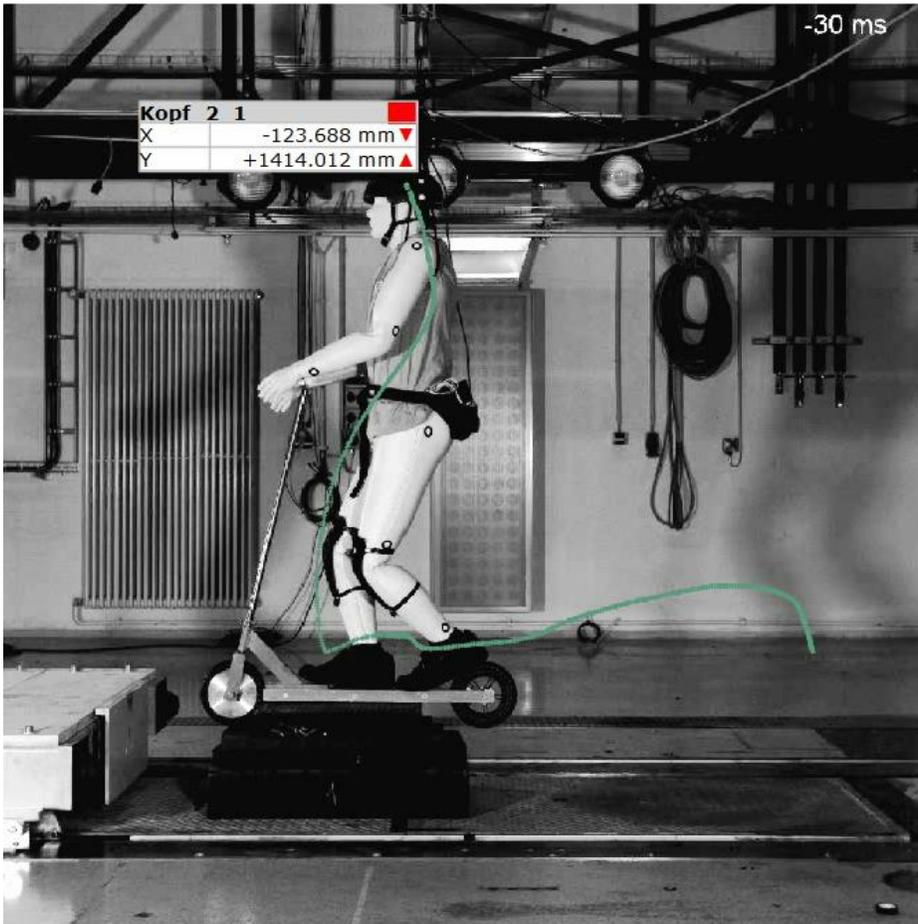
Zwischenergebnis

- CTS Primus (Dummy) verhält sich ganz anders als das THUMS Simulationsmodell (Mensch). Insbesondere sehr unterschiedliche Gelenksteifigkeiten. Dies führt zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen
- Die Aufprallgeschwindigkeit beeinflusst die Position während der Flugphase und damit den ersten Bodenkontaktbereich (Kopf oder Knie). Beim Aufprall am Boden ist die X-Geschwindigkeitskomponente jedoch im Vergleich zur Z-Richtung vernachlässigbar.
- Keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse mit der Variation der Bordsteinneigung*. Der Scooter ist nicht erforderlich, um den Sturz zu untersuchen
- Geringe Reproduzierbarkeit aufgrund einer Reihe von Parametern (Positionierung des Dummies auf dem Scooter, Timing der Ablösung des Magneten und des Aufprallzeitpunkts, Flugphase, Dummyunterschied...)

*P. Matt et al., Investigation of e-scooter drivers colliding with kerbs – a parametric numerical study, Ircobi conference 2022

HUMAD Phase I

Geschwindigkeitskomponenten

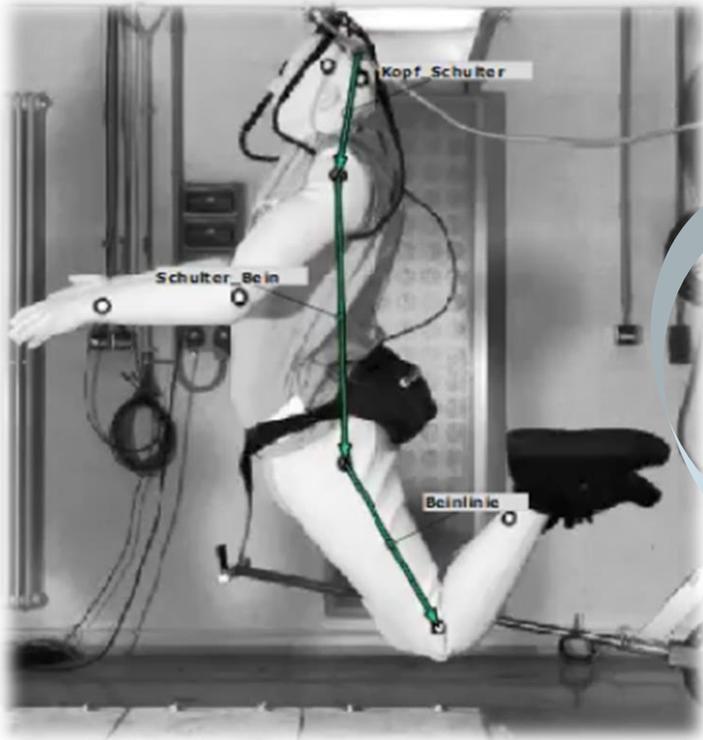


- Verwendete Messtechniken
 - Beschleunigungsmessern und
 - Point Tracking
- Im Versuch ist die Geschwindigkeitskomponente in X-Richtung im Vergleich zu der in Z-Richtung vernachlässigbar. Die Endbeschleunigung des Kopfes erfolgt durch eine Rotation im Nackenbereich.
Für den Fall mit 20 km/h, 90° erhält man folgenden Werte :

Körperteil	Max. Geschwindigkeit Z-Richtung (m/s)	Entsprechende Fallhöhe (m)
Kopf	9.3	4.4
Schulter	4.7	1.1
Hüfte	3.5	0.6

HUMAD Phase II

Neuer Versuchsaufbau



Ein neues Setup wurde auf der Grundlage früherer Ergebnisse für die zweite Projektphase angedacht

- Eine Traverse ermöglicht es, die Beine in einer ähnlichen Position wie zuvor beobachtet zu halten
- Die Schulter- und Hüfthöhe entsprechen den zuvor gefundenen Fallhöhen, jeweils 1.1 m und 0.6 m
- Die Aufprallgeschwindigkeit des Kopfes wird so durch die Endrotation am Schlag erzielt
- Ein zusätzliches Seil wird verwendet, um den Einfluss der Armhaltung (Schutzreflex) zu untersuchen
- So reduziert das neue Setup die Einflussparameter des Tests erheblich

HUMAD Phase II

Neuer Versuchsaufbau



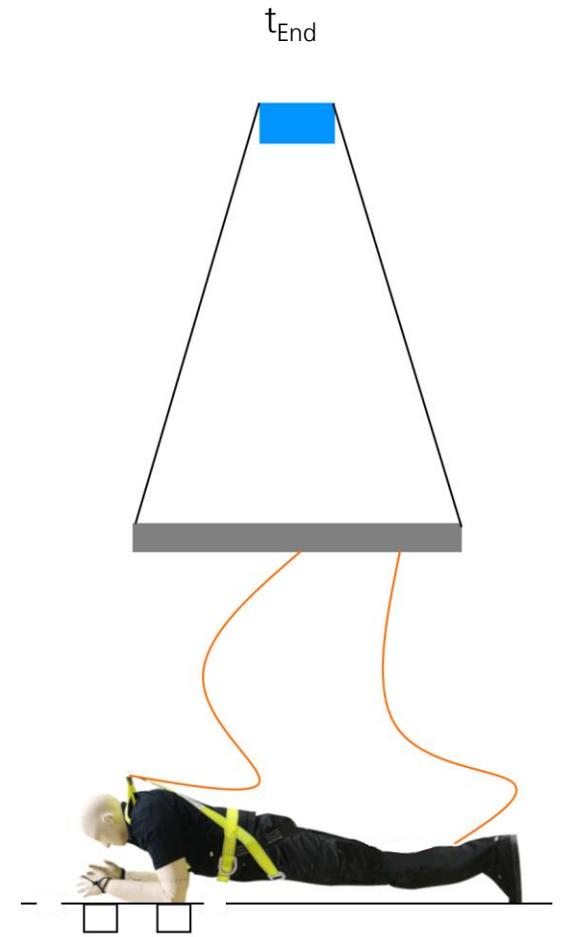
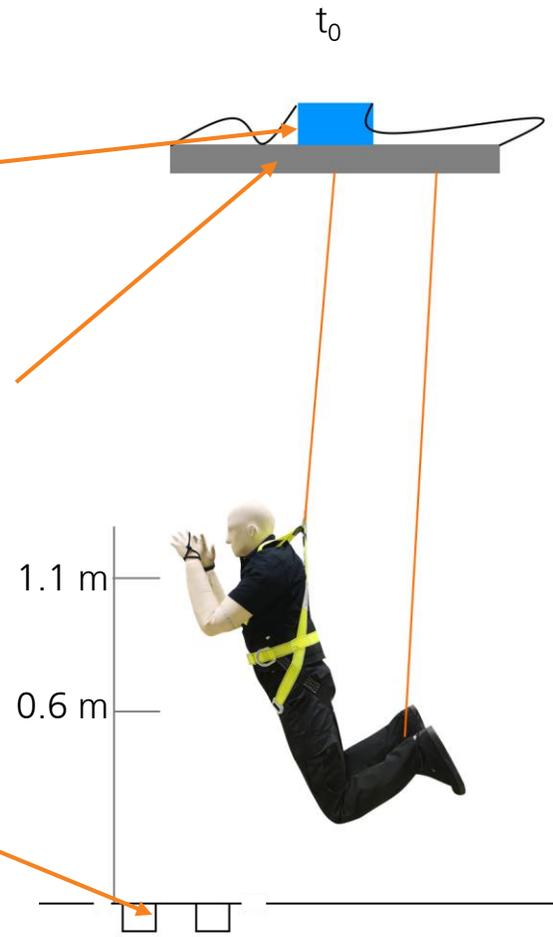
Lastkran

Magnet

Befestigungshalterung
für Seile

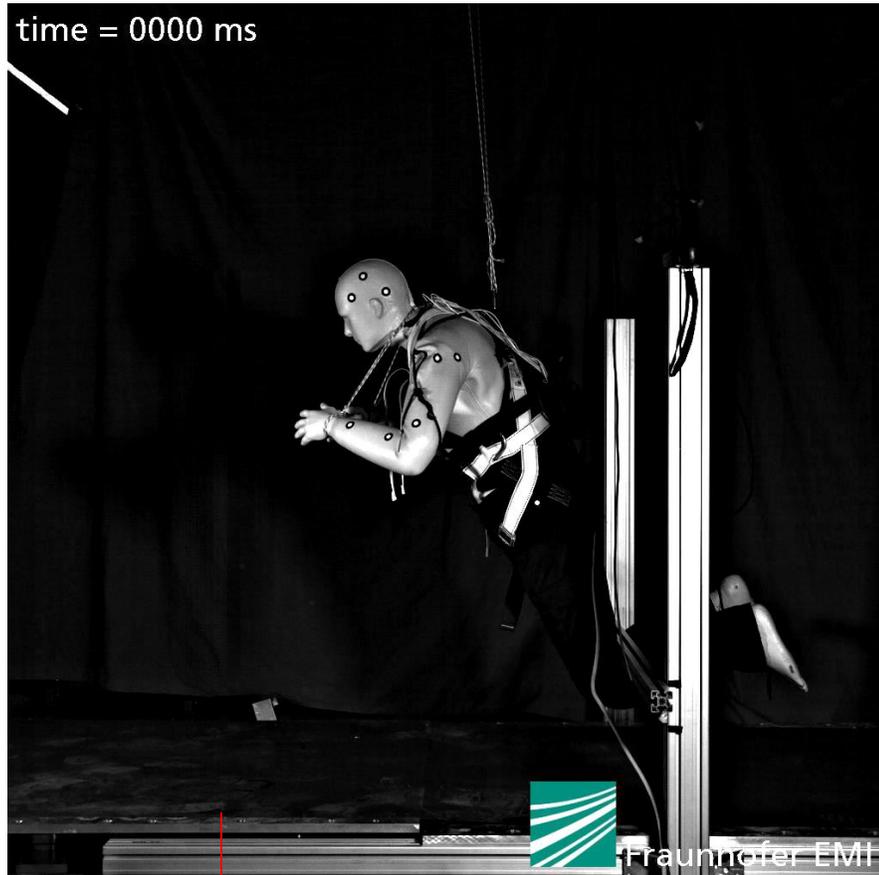
Beintraverse

Boden mit 4 x
Kraftsensoren

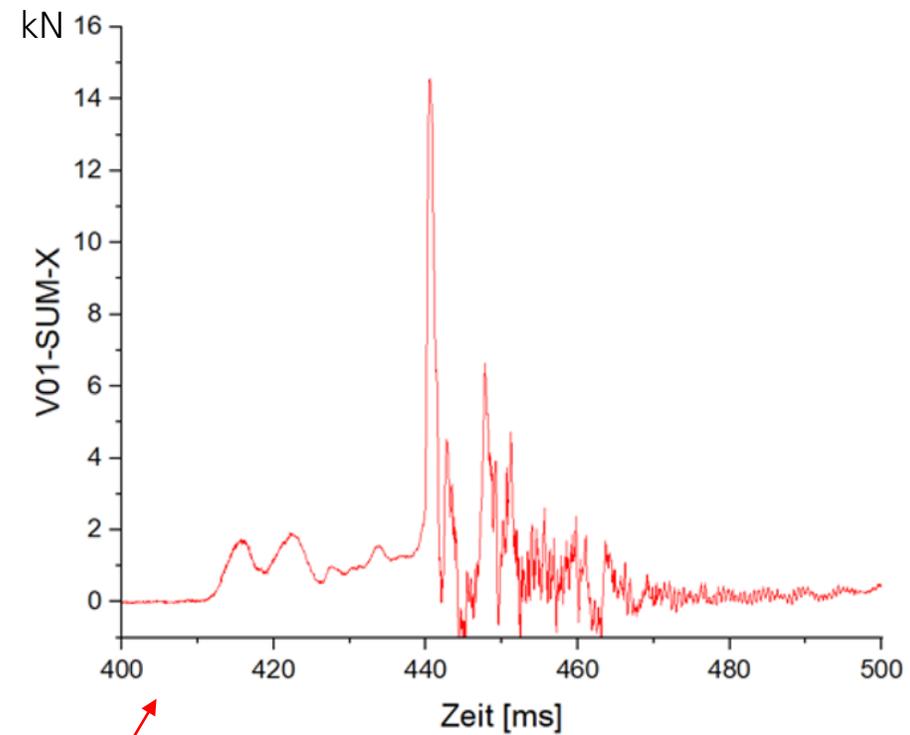


HUMAD Phase II

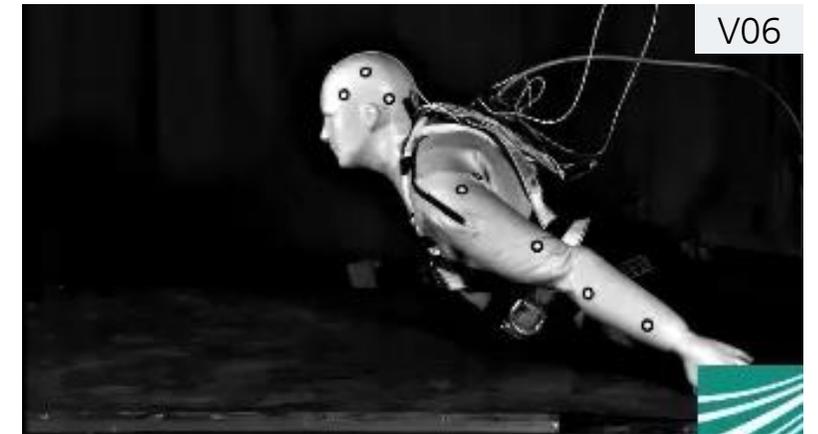
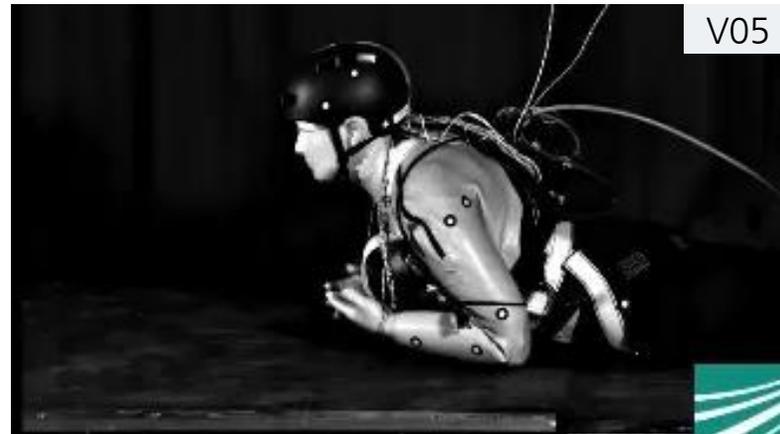
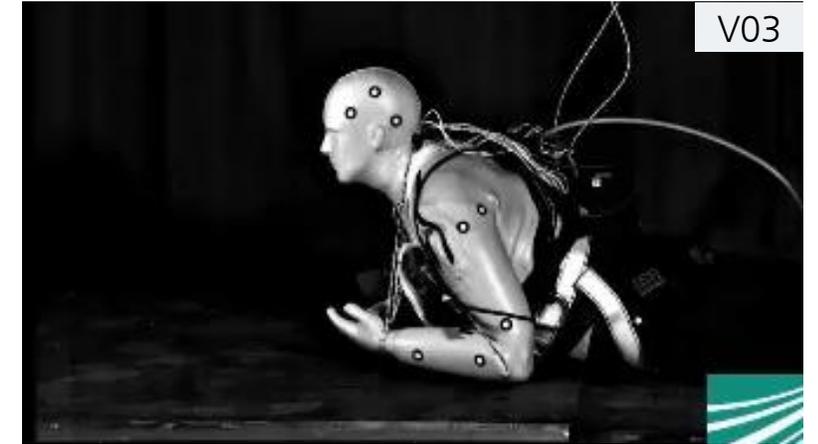
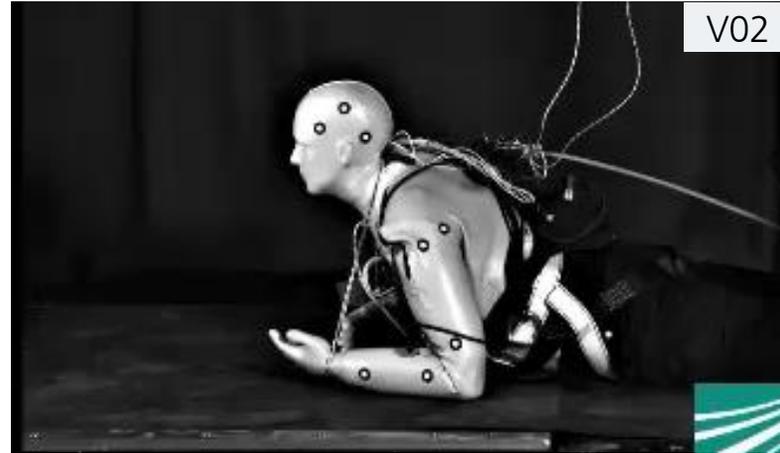
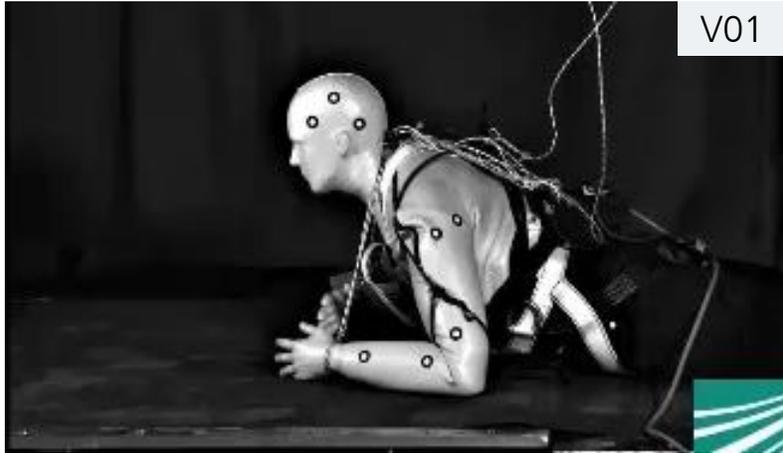
Ergebnisse



- Beispiel summierte Kräfte am Boden

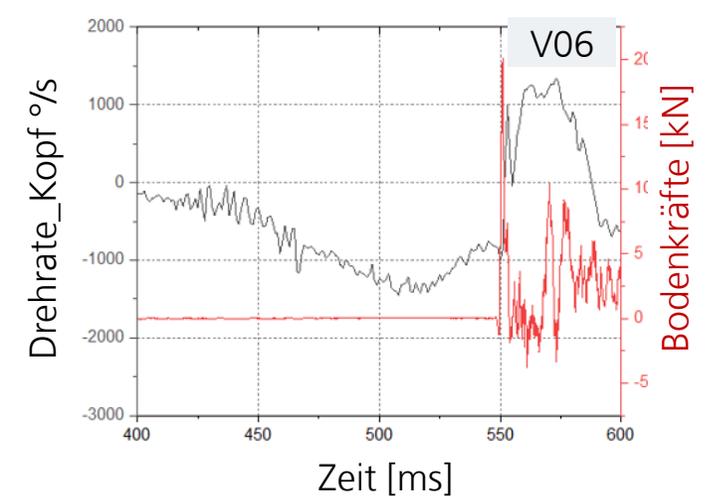
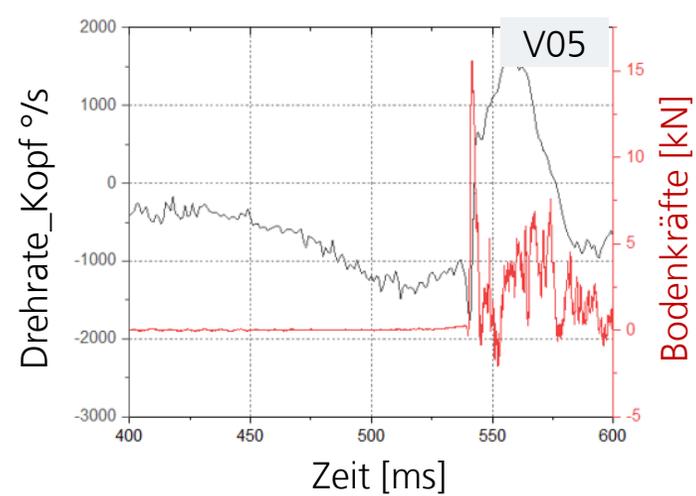
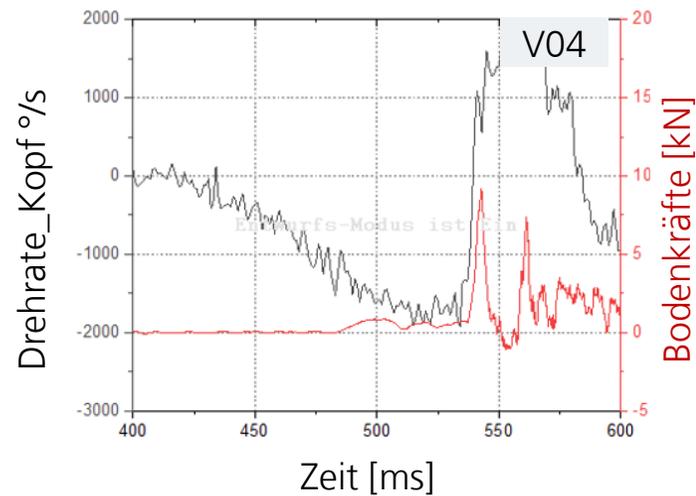
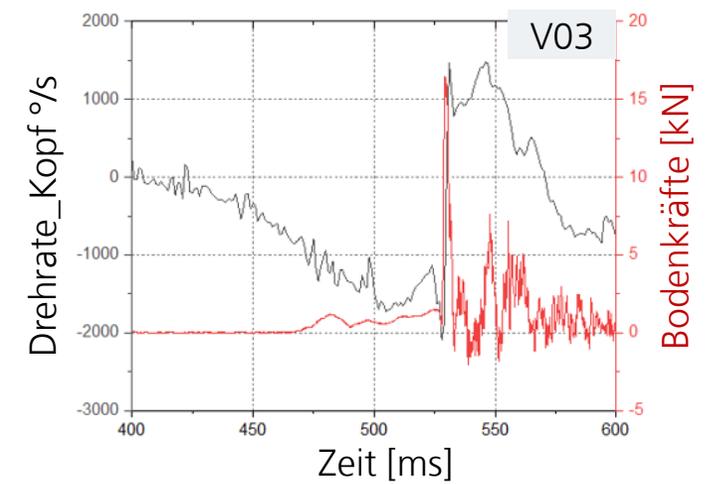
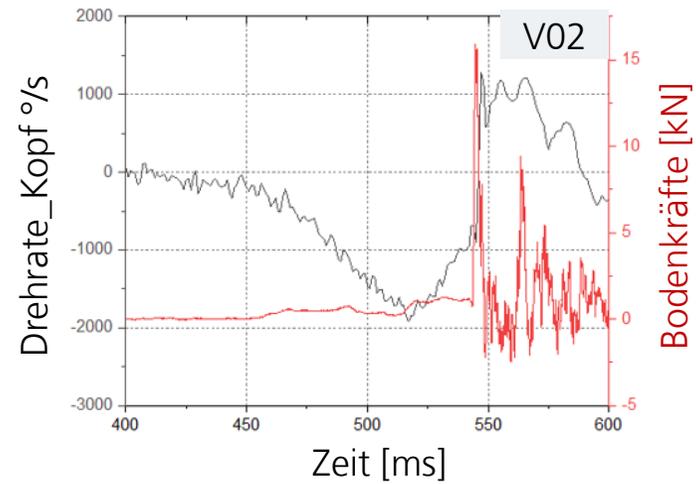
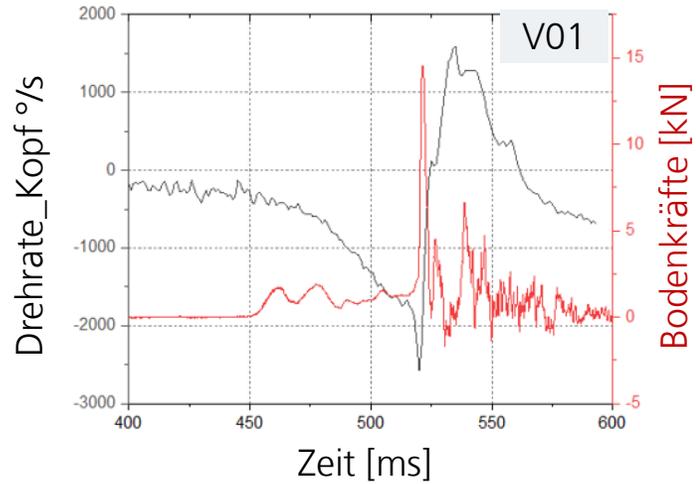


HUMAD Phase II



HUMAD Phase II

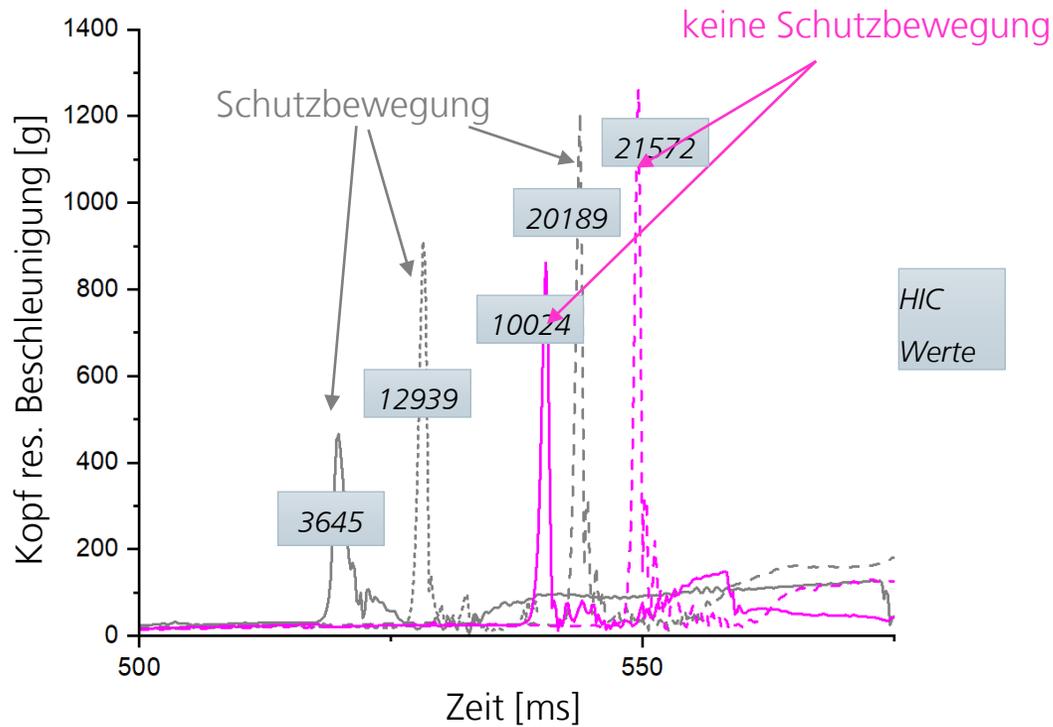
- Übereinstimmung zwischen der Kopf-Drehrate-Wendepunkt und Kraft Maximum



HUMAD Phase II

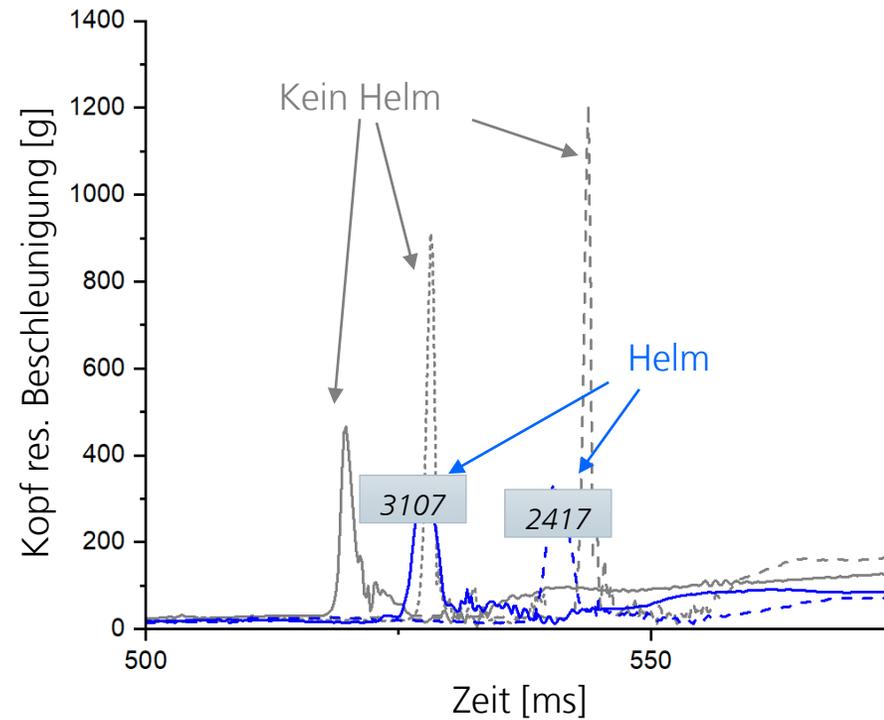
Kopfbeschleunigungen (Resultante)

Einfluss Schutzbewegung



Die Reproduzierbarkeit ist nicht immer gewährleistet
Kein signifikanter Einfluss der Schutzbewegung
Einfluss des Helms ist messbar

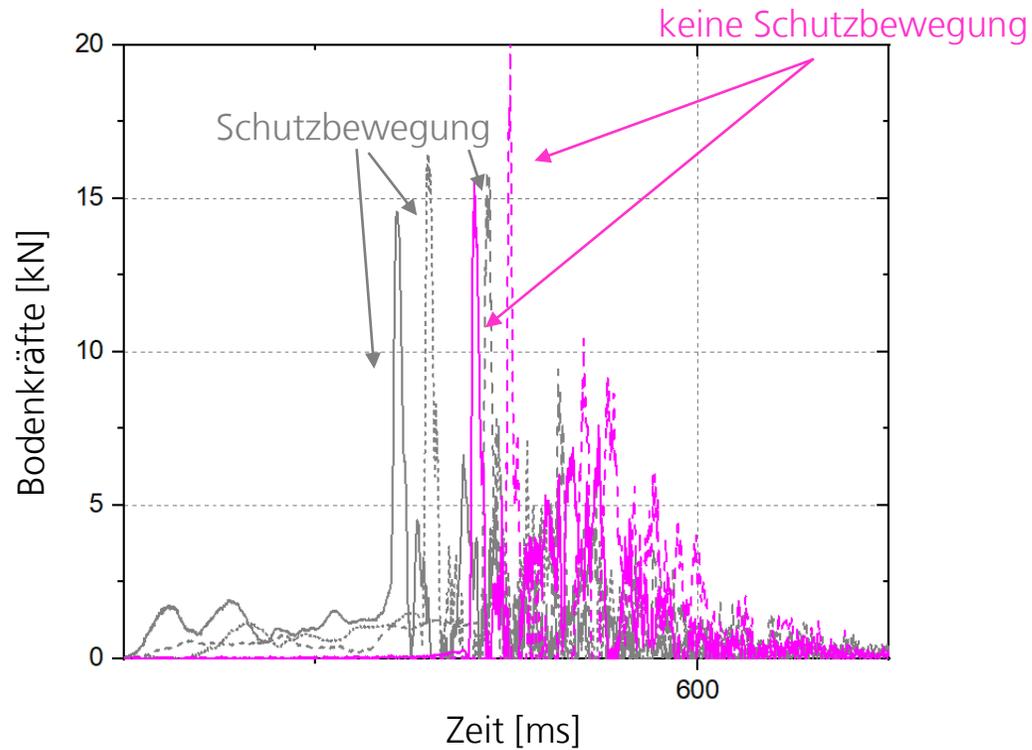
Einfluss Helm



HUMAD Phase II

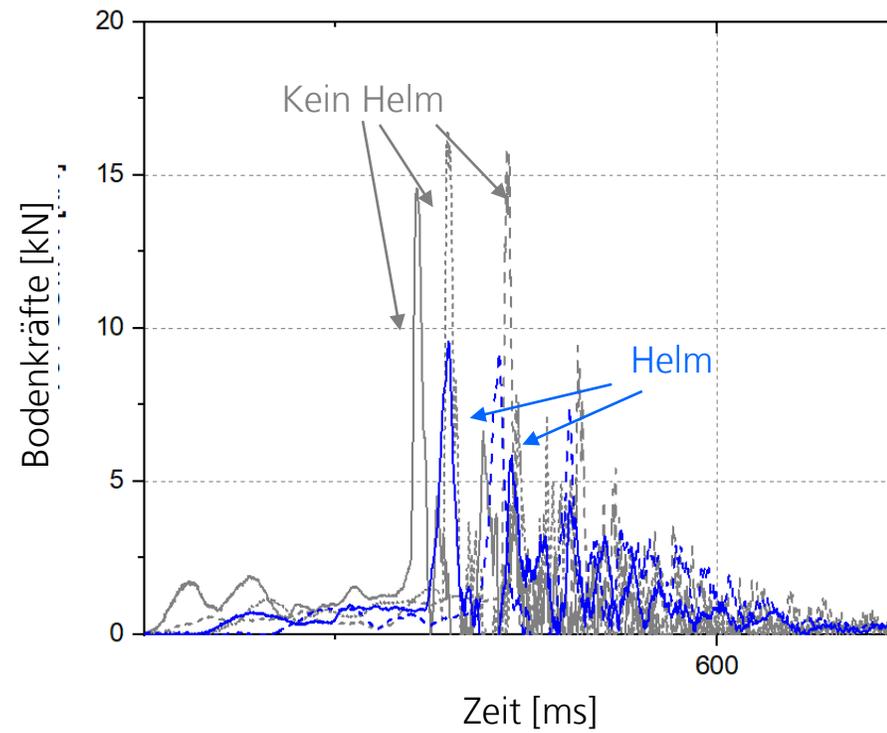
Bodenkräfte

Einfluss Schutzbewegung



Die Reproduzierbarkeit auf der Kraftebene ist besser
Kein signifikanter Einfluss der Schutzbewegung
Einfluss des Helms ist hier wieder messbar

Einfluss Helm



HUMAD Phase II

Zusammenfassung

- Numerische Simulationen und Versuche führen zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf Stürze und Verletzungen (HIC Werte)
- Eine große Anzahl von Parametern beeinflusst die Versuche und führt zu einer geringen Reproduzierbarkeit der Auswirkungen (Humad I)
- Trotz der Reduzierung der Parameter bei den Versuchen immer noch eine große Streuung der Ergebnisse zu beobachten ist (Humad II). Allerdings lassen sich dennoch Erkenntnisse ableiten (Einfluss des Kopfhörers, der Reflexposition der Arme...), die auf die Realität übertragen werden können
- In der stark streuenden Realität werden noch weitere Fallverhalten beobachtet, die sich von den Tests und Simulationen unterscheiden



Beispiele aus youtube.com

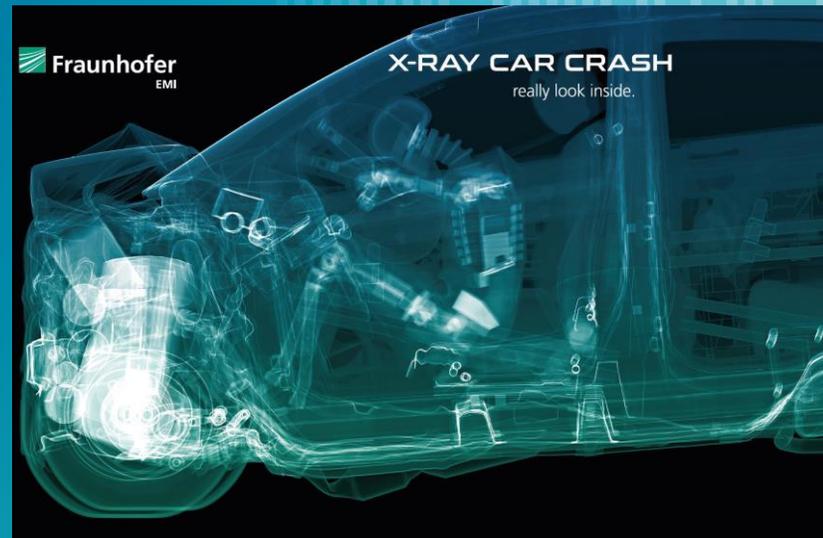
Kontakt

Malte Kurfiß
Leiter Crashzentrum
Tel. +49 7628 90 50-712
Malte.Kurfiss@emi.fraunhofer.de

Fraunhofer EMI
Am Klingelberg 1
79588 Efringen-Kirchen
www.emi.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Kurzzeit-
dynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
