

ANYONE

Efficient application of human body models in the reconstruction of vehicle collisions

Programm / Ausschreibung	FORPA, Forschungspartnerschaften NATS/Ö-Fonds, InDiss FZOE 2022	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2023	Projektende	31.12.2025
Zeitraum	2023 - 2025	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Human body models, accident reconstruction, PC-Crash, occupant safety, Finite-Element-Methode		

Projektbeschreibung

Auf den Straßen Österreichs sterben jährlich 300-400 Personen bei Verkehrsunfällen [Statistik Austria 2022]. Erhöhte Sicherheitsstandards im Insass:innenschutz, die Innovationen in der Fahrzeugtechnik sowie gesetzliche Anforderungen und verschärfte Verbraucherschutztests (z.B. European New Car Assessment Programme; EuroNCAP) verbessern die Fahrzeugsicherheit und Sicherheitssysteme kontinuierlich [Xu et al. 2018]. Diese Entwicklungen stellen Expert:innen für private und gerichtlich beauftragte Gutachten im Bereich der Unfallrekonstruktion vor neue Herausforderungen. Herkömmliche Methoden, wie die Rekonstruktion von Unfallszenarien mit Hilfe von MKS-Modellen (Mehrkörpersimulationen) in Unfallrekonstruktions-Programmen werden den immer komplexeren Unfallszenarien nicht mehr gerecht. Simulationen mit HBMs (human body models) überwinden diese Einschränkungen und finden bereits heutzutage Einsatz in der biomechanischen Forschung zur Verletzungsmechanischen Bewertung und Untersuchung von Sicherheitsfunktionen. Mit Blick auf den bestehenden Bedarf in der Unfallrekonstruktion wäre der Einsatz von HBMs zur Unfallanalyse ein wichtiger Entwicklungsschritt. Zum jetzigen Zeitpunkt kann jedoch keine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit aktuelle HBMs geeignet sind, Verletzungen der Insass:innen in Realunfällen genau wiederzugeben. Grund hierfür sind variierende Datenquellen, die den Validierungen der HBMs zugrunde liegen. Ziel der gegenständlichen Dissertation ist es diesen Mangel durch die Erstellung einer neuen Validierungsmethode, basierend auf realen Unfalldaten, die zuvor detailliert aufgearbeitet werden, zu beheben. Die Unfälle werden mit einer der gängigsten Unfallsimulations-Programme weltweit, PC-Crash der Firma DSD (Dr. Steffan Datentechnik GmbH), rekonstruiert und anschließend mit baugleichen Fahrzeugen im Crash-Labor nachgestellt, um das Fahrzeuginterieur für spätere HBM-Simulationen zu validieren. Anschließend wird ein anwenderfreundlich adaptiertes und validiertes HBM im Simulationsprogramm PC-Crash implementiert, sodass ein optional kaufbares Software-Paket für Expert:innen auf dem Markt zur Verfügung steht. Die Firma DSD wird durch das Schließen dieser wichtigen Marktlücke ihrem Anspruch gerecht, stets neueste Erkenntnisse aus der Unfallforschung und Forschungsprojekten in ihre Software zu integrieren. Durch die vereinfachte Nutzung des HBM in PC-Crash erhalten Gutachter:innen ein Softwareupdate an die Hand, mit welchem eine detailliertere Unfallrekonstruktion, inklusive Verletzungsprognosen, möglich ist. Die DSD wurde im Zuge der Mitgliedschaft Österreichs in der Euro NCAP Teil der Safety Labs Austria, in denen erstmalig Euro NCAP-Tests in Österreich angeboten werden. Somit werden die Erkenntnisse der Dissertation auch dafür verwendet zukünftige virtuelle Testprotokolle zu entwickeln, die im Rahmen von

Konsumentenschutztests eingesetzt werden können und daher Fahrzeughersteller zu innovativen Präventionsmaßnahmen motivieren sollen.

Abstract

Every year, 300-400 people die in traffic accidents on Austria's roads [Statistik Austria 2022]. Increased safety standards in occupant protection, innovations in vehicle technology as well as legal requirements and stricter consumer protection tests (e.g. European New Car Assessment Programme; Euro NCAP) are continuously improving vehicle safety and safety systems [Xu et al. 2018]. These developments pose new challenges to expert witnesses for private or judicial reports in the field of accident reconstruction. Traditional methods, such as reconstructing accident scenarios using MBS (multi-body simulation) models in accident reconstruction programs, are no longer able to accommodate the increasingly complex accident scenarios. Simulations with HBMs (human body models) overcome these limitations and are already used today in biomechanical research for injury-mechanical evaluation and investigation of safety systems. Considering the existing need in accident reconstruction, the use of HBMs for accident analysis would be an important development step. At this time, however, it is not possible to determine the extent to which current HBMs are suitable for accurately reproducing injuries to occupants in real accidents. This is due to varying data sources, which underlie the validations of the HBMs. The aim of this dissertation is to overcome this limitation by developing a new validation method based on real accident data, which will be processed and analyzed in detail beforehand. The accidents are reconstructed with one of the most common accident simulation programs worldwide, PC-Crash by DSD (Dr. Steffan Datentechnik GmbH), and recreated with identical vehicles in the crash laboratory afterwards, in order to validate the vehicle interior for later HBM simulations. Subsequently, a user-friendly adapted and validated HBM is implemented in the simulation program PC-Crash, so that an optionally purchasable software package is available for experts on the market. By closing this significant gap in the market, DSD meets its commitment to always integrate the latest findings from accident research and research projects into its software. Through the simplified use of the HBM in PC-Crash, experts receive a software update with which a more detailed accident reconstruction, including injury prognoses, is possible. In the course of Austria's membership in Euro NCAP, DSD became part of Safety Labs Austria, where Euro NCAP tests are offered in Austria for the first time. Thus, the findings of the dissertation will also be used to develop future virtual test protocols that can be used in the context of consumer protection tests and therefore motivate vehicle manufacturers to innovative prevention measures.

Endberichtkurzfassung

Im Projekt wurde eine realunfallbasierte und experimentell abgesicherte Methodik zur Bewertung von Human Body Models (HBMs) für die simulationsgestützte Unfallanalyse entwickelt und wesentlich vertieft. Grundlage waren zwei detailliert rekonstruierte Realunfälle. Hierbei handelte es sich um einen Seitenaufprall und einen Frontalaufprall. Die Realunfälle wurden methodisch, numerisch und experimentell aufgearbeitet.

Ein zentrales Ergebnis des Projekts ist, dass vereinfachte Simulationsansätze reale Kontakt- und Verletzungsmechanismen nur eingeschränkt abbilden können. Insbesondere der Fahrzeuginnenraum, Sitzgeometrie, Kontaktmechanik, Insassenpositionierung und anthropometrische Variabilität erwiesen sich als wesentliche Einflussgrößen auf Kinematik und Verletzungsrisiken. Daher wurden deutlich realitätsnähere Finite-Element-Modelle (FE) von Fahrzeuginnenraum, Sitz und kontaktrelevanten Strukturen aufgebaut und mit experimentellen Daten abgesichert.

Für den ersten Referenzfall wurde ein physischer Far-side-Crashversuch durchgeführt. Zur Materialvalidierung relevanter

Innenraumstrukturen wurden ergänzend Pendelversuche durchgeführt, um verletzungsrelevante Kontaktstrukturen experimentell zu charakterisieren und das Fahrzeug FE-Modell zu validieren. Für den zweiten Referenzfall wurde ein instrumentierter Frontal-Crashversuch mit einer Frontal Offset Deformable Crashbarrier durchgeführt. Die Versuchskonfiguration wurde auf Basis detaillierter PC-Crash-Rekonstruktionen so abgeleitet, dass die Geschwindigkeitsänderung und Anprallkonfiguration des Realunfalls möglichst realitätsnah nachgebildet werden konnten.

Darauf aufbauend wurden umfangreiche Simulations-, Parameter- und Sensitivitätsstudien mit verschiedenen HBMs durchgeführt. Dabei konnten wesentliche Einflussgrößen auf Verletzungsrisiken systematisch identifiziert werden, unter anderem anthropometrische Variation der unteren Extremitäten, Positionierungsmethoden und Beckenwinkel. Die Ergebnisse wurden wissenschaftlich publiziert und auf internationalen Fachkonferenzen vorgestellt.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf dem Benchmarking zur Validierung verschiedener HBMs. Hierzu wurde eine standardisierte Vergleichsumgebung aufgebaut, in der mehrere Menschmodelle unter identischen Randbedingungen untersucht wurden. Dabei zeigte sich, dass Modellunterschiede stark von Lastfall, Positionierung und Bewertungsgröße abhängen. Ein einzelnes „bestes“ HBM konnte daher nicht global bestimmt werden. Stattdessen wurden die Voraussetzungen und Grenzen für belastbare HBM-Vergleiche systematisch herausgearbeitet.

Das Projekt zeigt insgesamt, dass der wissenschaftliche Mehrwert nicht in einer generalisierten Vereinfachung liegt, sondern in der Entwicklung einer robusten, realunfallbasierten und experimentell abgesicherten Bewertungsmethodik. Diese bildet eine belastbare Grundlage für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der virtuellen Fahrzeugsicherheitsbewertung.

Projektpartner

- Dr. Steffan - Datentechnik Gesellschaft m.b.H.