

**K2-Mobility**  
**VIRTUAL VEHICLE Kompetenzzentrum –**  
**Das virtuelle Fahrzeug Forschungs-GmbH**  
**Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies**  
**Programmlinie: K2-Zentren**

**Wirksamkeitsbewertung von „Vulnerable Road User“ (VRU) - Schutzsystemen**

Der Schutz von „nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern“ (VRU) ist eines der Hauptforschungsthemen in der Fahrzeugsicherheit. Um das Potenzial verschiedener Arten von VRU-Schutzsystemen zur Verringerung der Verletzungsschwere unter realen Bedingungen zu bewerten, hat VIRTUAL VEHICLE in Zusammenarbeit mit BMW eine einzigartige Simulationsmethode entwickelt. Diese liefert detaillierte, fahrzeugspezifische Ergebnisse in einer Vielzahl von kritischen Situationen und ist dennoch schnell genug, um in einem Standard-Fahrzeugentwicklungsprozess eingesetzt zu werden.

Bei der Gestaltung der VRU-Schutzsystemkonfiguration in einem neuen Fahrzeug stellt sich eine Hauptfrage: Welches ist das beste System oder die beste Kombination von Systemen zur Minimierung der VRU-Verletzungsschwere unter realen Bedingungen? Aufgrund der Vielzahl von Möglichkeiten und der Notwendigkeit, bereits in frühen Produktentwicklungsphasen Ergebnisse zu liefern, ist in diesem Fall nur eine eingeschränkte Testung möglich. Die Simulation kann diese Unzulänglichkeiten überwinden und Ergebnisse rechtzeitig liefern. Die Bereitstellung einer adäquaten Simulationsmethode und die Bereitstellung geeigneter Lösungen stellen jedoch enorme Herausforderungen.

**Signifikante Herausforderungen**

Um die Wirksamkeit verschiedener Arten von Schutzsystemen (aktiv, passiv und integriert) zu vergleichen, ist eine durchgehende Werkzeugkette erforderlich, die alle Aspekte vom normalen Fahren bis zum Crash abdeckt. Dies ist die erste Herausforderung bei der Beurteilung der Wirksamkeit.

Viele Situationen müssen als nahe der realen Effektivität betrachtet werden. Diese Situationen sollten die gesamte Bandbreite unterschiedlicher Unfallkonstellationen abdecken. Dies stellt sicher, dass die Systemleistung unter unge-

wöhnlichen und üblichen Bedingungen überprüft wird. Die stochastische Erzeugung kritischer Situationen basierend auf realen Unfällen wird dieser Herausforderung gerecht. Die Simulation von Tausenden von Situationen bedeutet, dass die Methode schnell genug sein muss, um Ergebnisse in einer angemessenen Zeit zu liefern. Ein Ansatz wäre, die langsame Simulation der In-Crash-Phase zu überspringen und sie durch allgemeine Verletzungsrisikokurven zu ersetzen. Dieser Ansatz kann jedoch keine Ergebnisse für spezifische, passive und integrierte Schutzsysteme liefern. Einen Weg zu finden, die Berechnungszeit zu reduzieren und trotzdem systemspezifische Ergebnisse zu erhalten, ist die dritte Herausforderung.

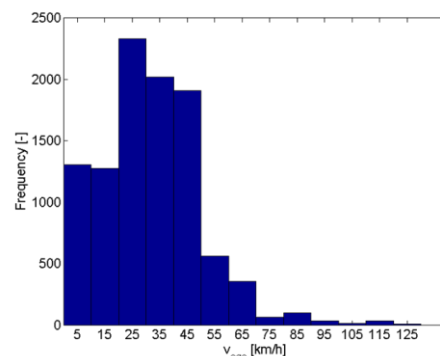


Abb.: Beispielergebnis der stochastischen Szenario-generierung: Verteilung der Fahrzeuganfangsgeschwindigkeiten für 10.000 Fahrzeug-Fußgänger-Unfall-Szenarien.

### **Schlüsselfaktor 1: Kontinuierliche Werkzeugkette**

Das erste Hauptelement ist eine automatisierte, durchgängige Werkzeugkette, die die gesamte Unfallsituation vom normalen Fahren bis zum Crash abdeckt. Dazu werden Co-Simulationen zur Kopplung von Modellen aller relevanten Elemente (Fahrzeug, Fahrer, Sensoren, Sicherheitssysteme und Umgebung) und eine Methode zum nahtlosen Austausch von Werkzeugen für verschiedene Unfallphasen während der Simulation (z.B. Fahrdynamik während Pre-Crash und Finite-Element-Methode (FEM) während der In-Crash-Phase, um das mechanische Verhalten des Fahrzeugs zu simulieren).

### **Schlüsselfaktor 2: Stochastische Generation von kritischen Situationen**

Die Anzahl der dokumentierten realen Unfälle ist begrenzt und deckt nicht die gesamte Bandbreite möglicher Unfallsituationen ab. Daher wird eine Methode zum Erstellen einer beliebigen Anzahl kritischer Situationen benötigt. Zu Beginn beginnen wir mit realen Unfalldaten und nutzen diese Basis, um über einen stochastischen Ansatz neue Situationen zu generieren. Diese Methode stellt sicher, dass die Gesamtverteilungen der generierten Unfallparameter den Verteilungen in den Unfalldatenbanken ähnlich sind.

### **Schlüsselfaktor 3: Reduzierung der Berechnungszeit**

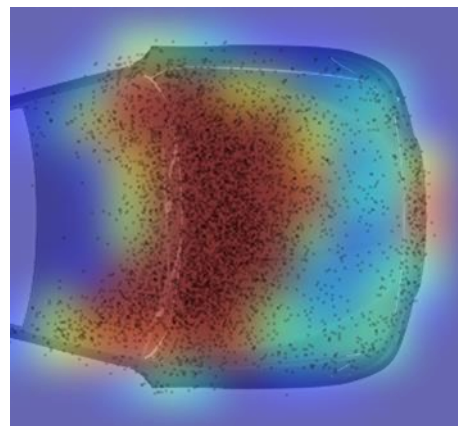
Schlüsselfaktor 1 wird benötigt, um detaillierte, fahrzeugspezifische Ergebnisse zu erhalten. Dieser Ansatz umfasst komplexe FEM-Modelle, die für einen Lauf Stunden bis Tage benötigen. Diese Modelle sind der Engpass für die Gesamtsimulation und zu langsam, um eine große Anzahl von Simulationen zu ermöglichen. Daher ist eine Alternative erforderlich, um innerhalb einer akzeptablen Zeit gleich detaillierte Ergebnisse zu erhalten. Das Problem wurde gelöst, indem die FEM-Modelle durch nicht-physische Black-Box-Modelle ersetzt wurden. Der große Vorteil der Black-Box-Modelle ist, dass wenn sie ausgebildet sind, sie sehr schnell sind und eine gute Annäherung an die FEM-Modelle bieten. Diese Ersatzmodelle benötigen weniger als eine Minute, um die 10.000 Fälle zu berechnen, die im unten beschriebenen Anwendungsbeispiel beschrieben werden.

### **Anwendungsbeispiel**

Als Beispiel wird das Verfahren verwendet, um die Wirksamkeit von drei Schutzsystemkonfigurationen zu bestimmen: Ein autonomes Notbrems-Fußgängersystem (AEB), eine aktive Motorhaube (die Motorhaube springt bei einer

Fahrzeug-Fußgänger-Kollision auf, um die Deformationszone während des Aufpralls zu vergrößern) und eine Konfiguration, die beide Systeme integriert. Der Anwendungsfall wird durch 10.000 kritische Szenarien von Fußgängern definiert, die von beiden Seiten die Straße überqueren, was zu einem Unfall führt, wenn der Fahrer oder das AEB-System nicht eingreifen. Das AEB-System reduziert die Unfallrate um ca. 50%. Bei den übrigen Unfällen hat die Geschwindigkeitsreduzierung aufgrund von AEB-Eingriffen einen größeren Einfluss auf die Verringerung der Schwere von Kopfverletzungen als die aktive Motorhaube.

Ein weiterer Vorteil des AEB-Systems ist, dass es auch Beinverletzungen reduziert, während die aktive Motorhaube nur dazu beiträgt, die Kopfverletzung zu reduzieren.



**Abbildung: Kopfaufprallorte für ca. 7.000 typische Fahrzeug-Fußgänger-Kollisionen. Dies ist ein Zwischenergebnis der Gesamtbewertungsmethode und Teil des Inputs für das Ersatzmodell für Kopfverletzungen.**

### **Zusammenfassung**

Die von VIRTUAL VEHICLE entwickelte Methode ermöglicht eine Wirksamkeitsbewertung von aktiven, passiven und integrierten VRU-Schutzsystemen unter realen Bedingungen bei Verwendung identischer Verletzungskriterien. Es beinhaltet eine durchgängige Werkzeugkette zur Simulation einer beliebigen Anzahl von Unfallszenarien vom normalen Fahren bis zum Crash ohne Benutzerinteraktion. Es ist empfindlich gegenüber der spezifischen Fahrzeuggeometrie, den mechanischen Eigenschaften und der Konfiguration des Schutzsystems. Die Methode ist aufgrund des modularen Co-Simulationsansatzes auch leicht anzupassen. Es ist perfekt geeignet, um eine optimale Konfiguration von VRU-Schutzsystemen zu finden, wodurch die Straßen auch für die am meisten gefährdeten Verkehrsteilnehmer sicherer werden.

**Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies:** [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.

## Kontakt und Informationen

K2-Mobility

VIRTUAL VEHICLE

Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug  
Forschungsgesellschaft mbH  
Inffeldgasse 21a, 8010 Graz

T +43/316/873-9001

E [peter.wimmer@v2c2.at](mailto:peter.wimmer@v2c2.at)

**Projekt Koordinator**

Peter Wimmer



### Projektpartner (Auswahl, insgesamt 57)

Organisation	Land
BMW AG	Deutschland
Institut für Fahrzeugsicherheit der TU Graz	Österreich
VIRTUAL VEHICLE	Österreich

**Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies:** [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.