

FAT-Schriftenreihe 328

Entwicklung einer Methodik zur Korrektur von EES-Werten



Entwicklung einer Methodik zur Korrektur von EES-Werten

Forschungsstelle:

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IV

Autoren:

Dr.-Ing. Tom Landgraf

Dr.-Ing. Christian Thomas Erbsmehl

Dipl.-Ing. Pascal Pfitzner

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung
Automobiltechnik e.V. (FAT) gefördert.

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Dokumentation der Arbeitspakete	5
2.1	EES-Interface (AP1)	5
2.2	Zentrale Datenbanken (AP2)	6
2.3	Strukturmodell Teil 1 (AP3-1).....	7
2.4	Strukturmodell Teil 2 (AP3-2).....	8
2.5	Wichtungmodell (AP4)	10
2.6	Korrekturmodell (AP5)	11
2.7	Modul GIDAS-Korrektur (AP6)	11
2.8	Modul für Einzelbestimmung (AP7)	12
2.9	Anonymer Datenimport (AP8)	13
2.10	Filterpaket (AP9)	14
2.11	Aggregation weiterer Crashtest-Daten (AP10)	15
2.12	Validierung (AP11).....	15
2.13	Dokumentation (AP12).....	17
3	Ergebnisse	18
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	19

Die Energy Equivalent Speed (EES) dient nicht nur als Basisgröße vieler Rekonstruktionen von Verkehrsunfällen, sondern wird verstärkt in der Unfallforschung als physikalischer Unfallschwereparameter zur Erstellung von Verletzungsrisikofunktionen angewandt. In den Jahren 2015 und 2016 entwickelte das Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI) im Auftrag der Volkswagen AG und der Porsche AG ein Basismodell zur Korrektur von EES-Werten für Frontalkollisionen sowie Teilen der Seitenkollisionen der GIDAS-Datenbank. Hierfür wurde zunächst ein Strukturmodell aus GIDAS-Daten entworfen, welches im Anschluss mit NHTSA-Crashtests gewichtet und korrigiert wurde. Eine erste Verifikation mit realen Crashtest-Ergebnissen der Volkswagen AG wurde ebenfalls durchgeführt. Dieses Initialprojekt konnte die zwingende Notwendigkeit einer Korrektur der in der GIDAS-Datenbank vorhandenen EES-Werte aufzeigen. Ohne eine entsprechende Korrektur sind die Ergebnisse der Analysen bspw. durch die Erstellung und Anwendung von Verletzungsrisikofunktionen verzerrt. Innerhalb dieses Forschungsprojektes soll das Initialprojekt bis zu einem umfassenden und vielfach anwendbaren Modell weitergeführt werden.

Hauptinhalte sind folgende Punkte:

- Absicherung der Datenbasis zur Korrektur von EES-Werten - Bereitstellung einer gemeinsamen Datenbasis korrigierter EES-Werte und nutzbarer Modelle für alle FAT-Mitglieder
- Schaffung einer Möglichkeit zur individuellen Bestimmung von EES-Werten (bspw. durch GIDAS-Rekonstrukteure) - Umsetzung einer Lösung zur fortschreitenden Validierung und Optimierung durch das Hinzufügen verschiedener Crashtests
- Diversifizierung für verschiedene Basis-Shapes (bspw. SUV, Cabrio, etc.) - Durchführung einer Peer-Review-Veröffentlichung des Modells, der Berechnungsmethoden und der Validierungsergebnisse

Das Projekt wurde in zwei Modulen bearbeitet. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse beider Module zusammen.

Das in der nachfolgenden Abbildung 1 dargestellte Schema des gesamten EES-Korrekturmodells gliedert sich in verschiedene Bereiche und zeigt die Ausbaustufen des EES-Tools. Das EES-Tool basiert auf einer zentralen Datenbank, in der sämtliche Informationen zur Berechnung, Analyse und Modellpflege abgelegt sind. Maßgebliche Basis dieser zentralen Datenbank ist ein sogenanntes EES-Korrekturmodell, welches wiederum aus einer Berechnung eines Strukturmodells mit einem Wichtungsmodell resultiert. Hauptbasis für das Strukturmodell sind alle verwertbaren PKW-Deformationen und zugehörigen EES-Daten der GIDAS (Geman In Depth Accident Study) Datenbank.

Eingangsgrößen für die Berechnung des Wichtungsmodells sind zum einen reale Crashtests der NHTSA-Datenbank und zum anderen anonyme Crashtests einzelner Hersteller sowie von Crashtest-Manufakturen.

Die zentrale Datenbank des EES-Tool findet zwei wesentliche Anwendungsbereiche:

- Bestimmung von korrigierten EES-Werten der GIDAS Datenbank unter Nutzung des Korrektur-Moduls

- Bestimmung einzelner EES-Werte basierend auf manuellen Eingaben von Deformation und einigen zusätzlichen Parametern wie bspw. die Anstoßrichtung.

Die Steuerung der zentralen Datenbank und aller Import- sowie Export-Funktionalitäten übernimmt das sogenannte EES-Interface, welches nicht nur das Management aller Schnittstellen beinhaltet, sondern ebenfalls eine Nutzeroberfläche bietet.

Durch den stark modularisierten Aufbau des EES-Tools ist es möglich, auf Berechtigungsebene verschiedene Ausbaustufen für verschiedene Nutzer zu realisieren. Weiterhin erlaubt der modulare Aufbau eine modularisierte Entwicklung einzelner aufeinander aufbauender Funktionen.

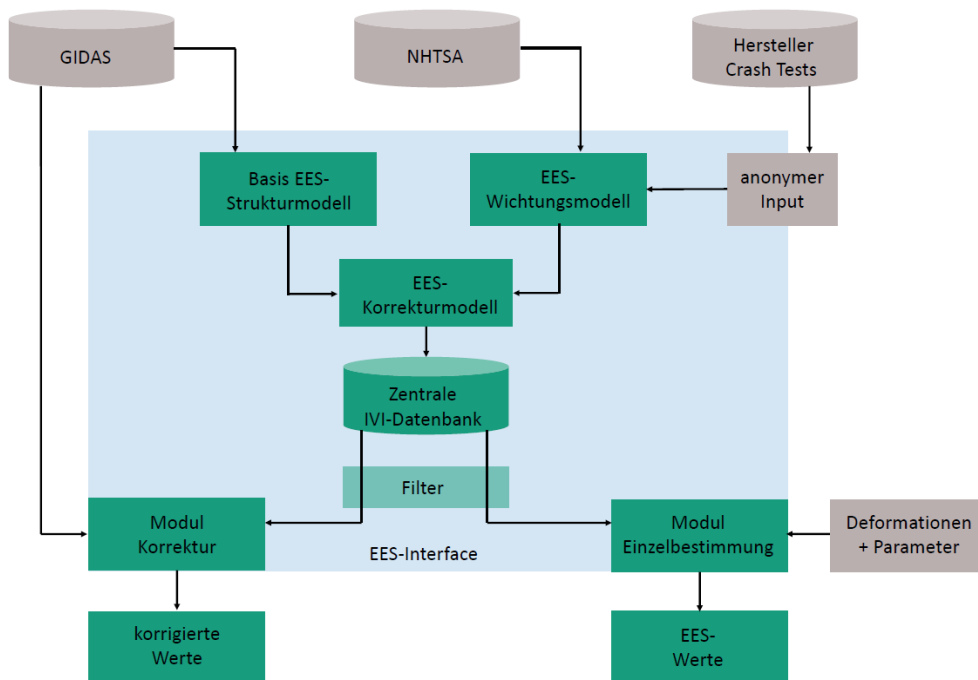


Abbildung 1 Gesamtschema des EES-Projekts

2 Dokumentation der Arbeitspakete

Die Ergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten gemäß dem Projektablauf anhand der Arbeitspakete (AP) diskutiert.

2.1 EES-Interface (AP1)

Um das resultierende EES-Tool individuell nutzen zu können, muss ein entsprechendes Interface entwickelt werden. Das Interface bildet den Gesamtrahmen des Tools und beinhaltet alle Schnittstellen zu den einzelnen Modulen, die grafische Nutzeroberfläche sowie eine individuelle Nutzerverwaltung (Berechtigungsebenen). Das entstehende EES-Interface soll folgende Funktionen abdecken:

- Verarbeitung von aggregierten Daten individueller Crashtests zum Update des Korrekturmodells
- Verarbeitung von aggregierten GIDAS-Daten zum Update des Korrekturmodells
- Berechnung von korrigierten EES-Werten einzelner Fahrzeuge und Fahrzeuggruppen
- Eingabe von Filterkriterien (beispielsweise pre und post für NCAP)
- Eingabe von Freiform-Deformationen (bspw. aus realen Fahrzeugdeformationen) und eine anschließende Berechnung der EES-Verarbeitung.

Zusammenfassend erlaubt das neu zu entwickelnde EES-Interface dem Nutzer, das Korrekturmodell mit verschiedenen Datenquellen zu erweitern (Update) sowie die Einzel- und Gruppenberechnung verschiedener EES-Werte durchzuführen.

Zur Realisierung der Funktionalität wurde eine Client-Server-Architektur entworfen (vgl. Abbildung 2), welche eine zentrale Modellverwaltung ermöglicht. Der zentrale Server kommuniziert mit den Clients über eine nachrichtenbasierte Web-Socket-Schnittstelle im JSON-Format (REST API). An diese Schnittstelle, das EES-Interface, können verschiedene Applikationen angebunden werden. So werden bspw. die Daten des anonymisierten Crash-Test-Uploads übertragen. Zudem können aktualisierte EES-Modelle über diese Schnittstelle an die Clients verteilt werden.

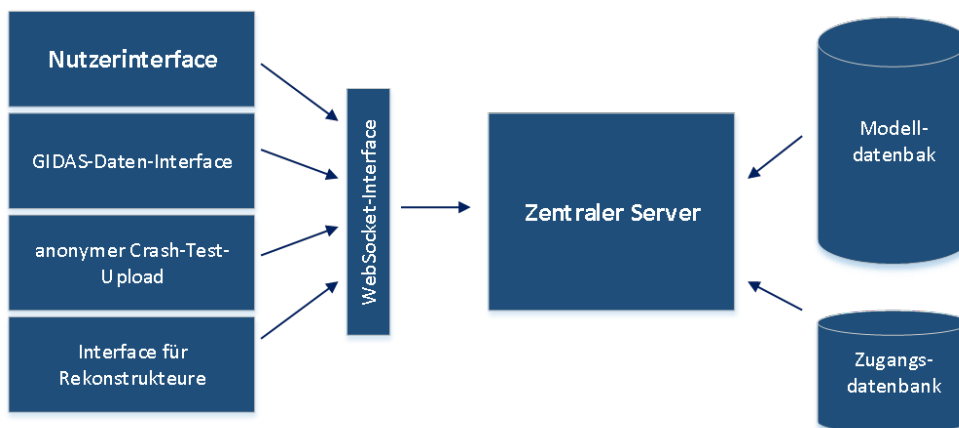


Abbildung 2 Architektur des EES-Servers, des EES-Interfaces sowie der EES-Client-Applikationen

Für die Kommunikation mit dem EES-Server wurde eine Nutzerauthentifizierung auf Basis temporärer Tokens realisiert.

Auf Grund des hohen Datenaufkommens bei der Modellaktualisierung sollen die Berechnungen der EES zukünftig direkt aus dem Server ausgeführt werden. Das heißt, die eingegebenen Deformationen und das Berechnungsergebnis werden ebenfalls über das EES-Interface ausgetauscht.

2.2 Zentrale Datenbanken (AP2)

Besonders in der Unfallforschung und Analyse ist es notwendig, stets aktuelle Daten auf einem einheitlichen zeitlichen und qualitativen Stand vorliegen zu haben, um vergleichbare Ergebnisse zu erzeugen. Diese Anforderung kann mit einer zentralen Datenbank gelöst werden. Diese zentrale Datenbank vereint sämtliches Wissen rund um alle EES-Modelle. Die Datenbank wird eine Grundgröße von mehreren Terabytes (TB) erreichen, da alle einzelnen Deformationsmuster in hoher Voxel-Auflösung vorliegen müssen.

Grundsätzlich muss die Datenbank folgende Bedingungen erfüllen:

- Speicherung und Verwaltung aller Datensätze
- Zentrale Modellpflege unter Nutzung verschiedener Module wie bspw. Korrekturmodell
- Möglichkeiten zur Erstellung von Abbildungen der EES-Modelle auf Basis verschiedener Shape-Definitionen (Kombi, SUV, Cabrio)
- Versionsverwaltung inkl. Änderungsdokumentation
- Backup-Strategie
- Export einheitlicher Modellvarianten.

Auf Grund der vielfältigen Anforderungen, des z.T. hohen Datenaufkommens und der verschiedenen Zugriffsstufen wurde die Datenbank des zentralen Servers in folgende Teilbereiche unterteilt:

- Nutzerdatenbank (Authentifizierungsinformationen),
- EES-Datenbank (Verwaltung der EES-Modelle),
- Unfalldatenbank (zur Erstellung des Strukturmodells) und
- Crash-Test-Datenbank (zur Erstellung des Korrekturmodells)

Für die Datenbanken wurden jeweils passende Realisierungen gewählt. So werden die Nutzerdaten sowie die Basisinformationen der EES-Datenbank in MySQL-Datenbanken gespeichert. Die Unfall- und Crash-Test-Daten werden größtenteils dateibasiert gespeichert.

Die Abbildung 3 zeigt die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Teil-Datenbanken und über welche Funktionen diese miteinander verbunden sind. Grundlagen der Modellerstellung sind die Unfall- und die Crashtest-Datenbanken. Die Crashtests werden zusätzlich zur Modellvalidierung eingesetzt. Daraus werden die EES-Modelle erstellt und bilden die EES-Modell-Datenbank. Diese kann vom EES-Server genutzt werden und bei Bedarf an die EES-Clients verteilt werden. Dem EES-Server steht zusätzlich die Nutzerdatenbank zur Überprüfung der Zugangsdaten zur Verfügung.

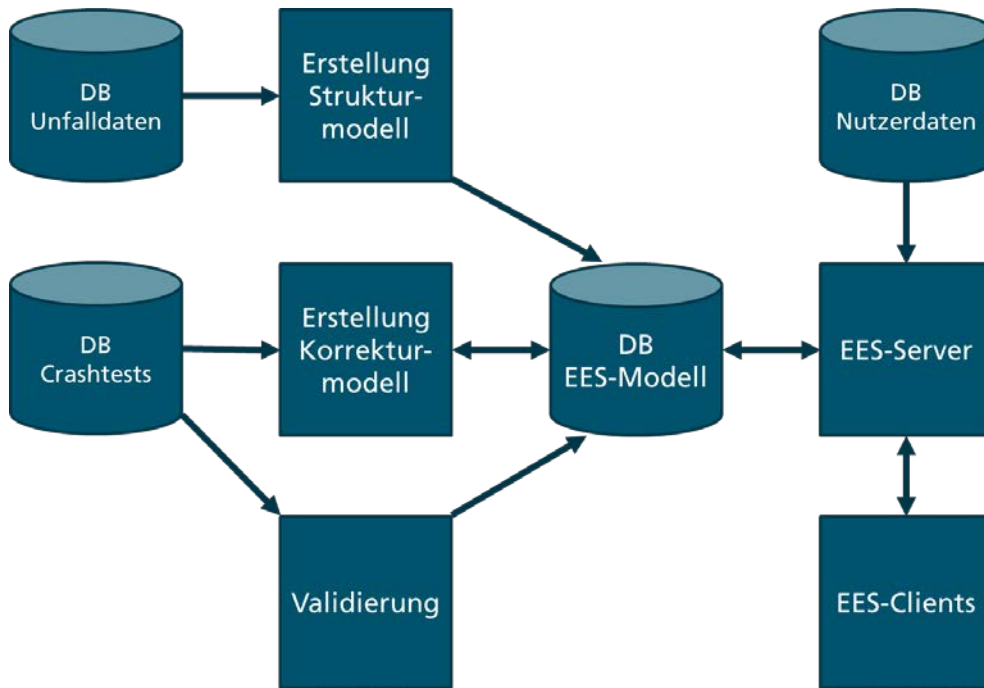


Abbildung 3 Struktur und Zusammenhänge der Teildatenbanken des EES-Systems

2.3 Strukturmodell Teil 1 (AP3-1)

Das Strukturmodell wird zunächst maßgeblich aus den Deformationen der GIDAS-Datenbank unter Beachtung einiger grundlegender Zusammenhänge aus der Dissertation von C. Erbsmehl berechnet. Wie in der Einleitung des Berichts schon erwähnt wurde, existiert bereits ein Basisstrukturmodell für Front- und teilweise Seitencrashes, auf denen im weiteren Projektverlauf aufgebaut werden kann. Eine wesentliche Anforderung ist daher, die Automatisierung der Modellerstellung und Allgemeingültigkeit der Modelle zu verbessern.

Ausgehend von der Annahme, dass die Datenbasis (Unfall- und Crashtest-Daten) kontinuierlich erweitert wird, gewährleistet die Automatisierung durch stetige Neuberechnung die Aktualität des EES-Modells. Im Rahmen des Moduls wurde dazu eine Definition für die einheitliche Beschreibung von Deformationsinformationen erarbeitet, welche zur Erstellung des Strukturmodells und zur Verarbeitung von Deformationen, etwa bei der EES-Berechnung, genutzt wird. Das definierte Format besteht aus zwei Komponenten:

- einem Bezugsraster zur Abbildung des Vermessungskoordinatensystems und zur Lokalisierung der Strukturelemente und
- ein oder mehreren Deformationsvermessungen (Deformationsraster).

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass bestehende Unfalldaten (z.B. GIDAS und NASS) einfach integriert werden können. Auch können neue Deformationsvermessungen, mit einem dem Messsystem entsprechenden Koordinatensystem, genutzt werden. Das Bezugsraster ist an das GIDAS-Deformationsraster angelehnt, und beinhaltet im Bereich von Schweller und B-Säule gesonderte Zonen. Die Abbildung 4 zeigt in Rot die Stützstellen des Bezugsrasters in der Seitenansicht. In Blau ist ein exemplarisches Deformationsraster dargestellt. Dieses ist in Auflösung und Position variabel und kann so

fallspezifisch gewählt werden. Dies bietet im Vergleich zu einem festen Deformationsraster den Vorteil, dass gerade bei der aufwändigen Handvermessung die Deformationskontur mit wenigen, gut positionierten Messpunkten abgebildet werden kann.

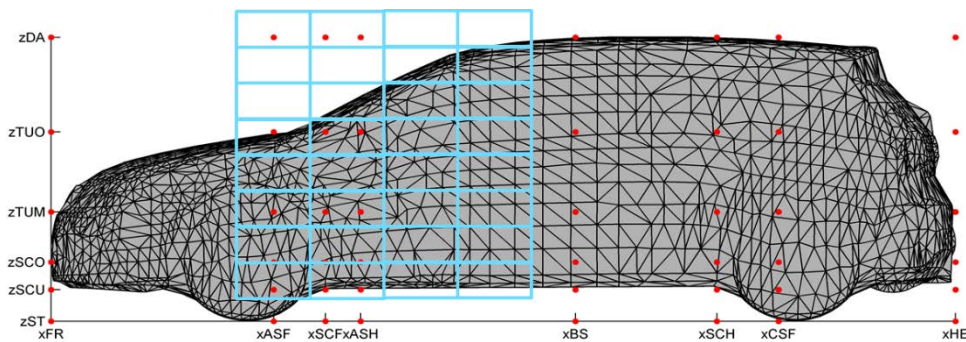


Abbildung 4 Bezugs- und Deformationsraster

Für die Erstellung eines Strukturmodells für alle Richtungen wird im Vergleich zu den Vorprojekten ein deutlich erweiterter GIDAS-Daten-Auszug verwendet. Dieser beinhaltet alle Unfälle mit PKW, welche eine Kollision ohne roll-over aufweisen. Dieser Datensatz wird gemäß der VDI1-Richtung gruppiert und ein richtungsbezogenes Strukturmodell erstellt. Die Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Unfalldaten in den jeweiligen Richtungen (VDI1). Es wird deutlich, dass Heckkollisionen noch einen größeren Anteil repräsentieren, jedoch für die Richtungen 4,5,7 & 8 vergleichsweise wenig Daten vorliegen. Das führt dazu, dass für diese Modellrichtungen eine geringere Modellabdeckung für große Deformationen zu erwarten ist.

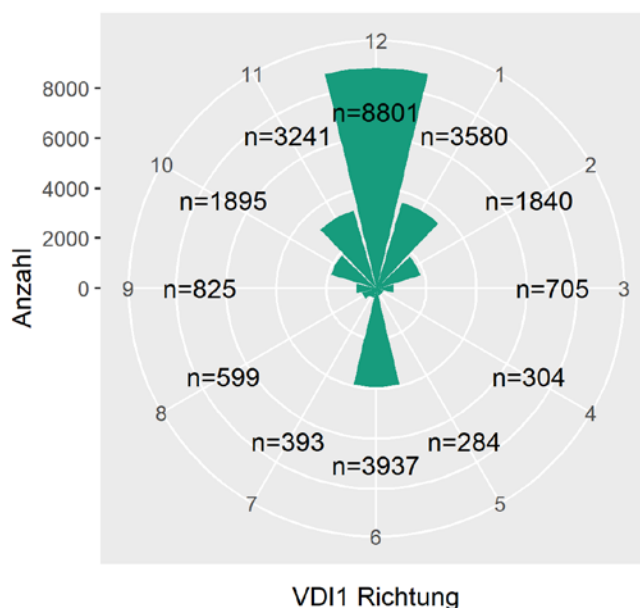


Abbildung 5 Verteilung der GIDAS-Daten über VDI1

2.4 Strukturmodell Teil 2 (AP3-2)

Schwerpunkt des Arbeitspakets ist die Unterscheidung verschiedener Basismodelle, da sich in den Vorprojekten z.T. deutliche Abweichungen für sehr kleine Fahrzeuge (z.B.

Smart) und SUVs im bisherigen Basismodell (basierend auf dem VW Golf) ergeben haben. Die umzusetzenden Fahrzeugmodelle wurden im Rahmen eines Projekttreffens abgestimmt. Folgende Modelle wurden als Basismodelle ausgewählt:

- Smart,
- Ford Ka,
- VW Golf,
- BMW 5er,
- VW Passat Kombi und
- Audi Q5.

Für die Erstellung dieser Basismodelle wurden virtuelle 3D-Modelle gekauft, die als Grundlage der Basismodellerstellung dienen. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der Basismodell-Erstellung.

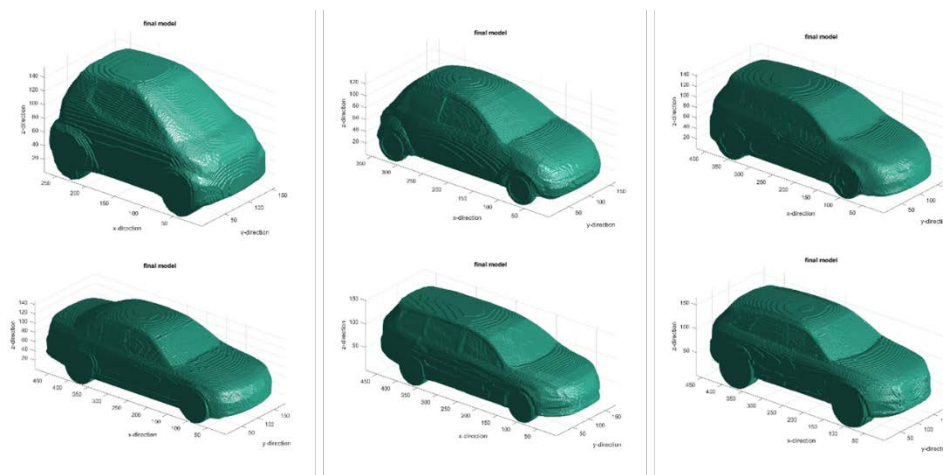


Abbildung 6 Übersicht der erstellten Basishapes

Um diese Basismodelle mit Daten zu belegen, werden die Unfalldaten den Modellen zugeordnet. Für GIDAS-Daten geschieht dies auf Basis der kodierten Fahrzeugart und Fahrzeugklasse. Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt die Verteilung der Daten. Es wird deutlich, dass das bisherige Basis-Shape (VW Golf) die häufigste Gruppe darstellt. Zudem wird deutlich, dass für die Basismodelle basierend auf Smart und Audi Q5 deutlich weniger Daten vorliegen. Bedenkt man, dass diese auch noch nach Anstoßrichtung (VDI1-Richtung) unterteilt werden müssen, wird deutlich, dass für diese Modelle zu wenige Daten vorliegen.

Um dem entgegen zu wirken, werden bei der Modellerstellung auch die Daten ähnlicher Basismodelle berücksichtigt. So werden für die Erstellung des Modells auf Basis VW Passat neben den Unfalldaten dieser Gruppe auch die Daten der benachbarten Gruppen Audi Q5 und BMW 5er genutzt. Auf diese Weise steht den Einzelmodellen eine deutlich größere Datenbasis zur Verfügung, ohne die aus dem Vorprojekt bekannten großen Abweichungen zwischen deutlich unterschiedlichen Basismodellen zuzulassen. Ohne die Gruppierung von ähnlichen Einzelmodellen wären einige entstehende Basismodelle aufgrund der geringen Datenmenge nur schlecht abgedeckt. Diese Gruppierung ist dementsprechend notwendig, bis die Datenbasis deutlich größer ist und stellt trotz allem eine Verbesserung zu bisherigen Basismodellen dar.

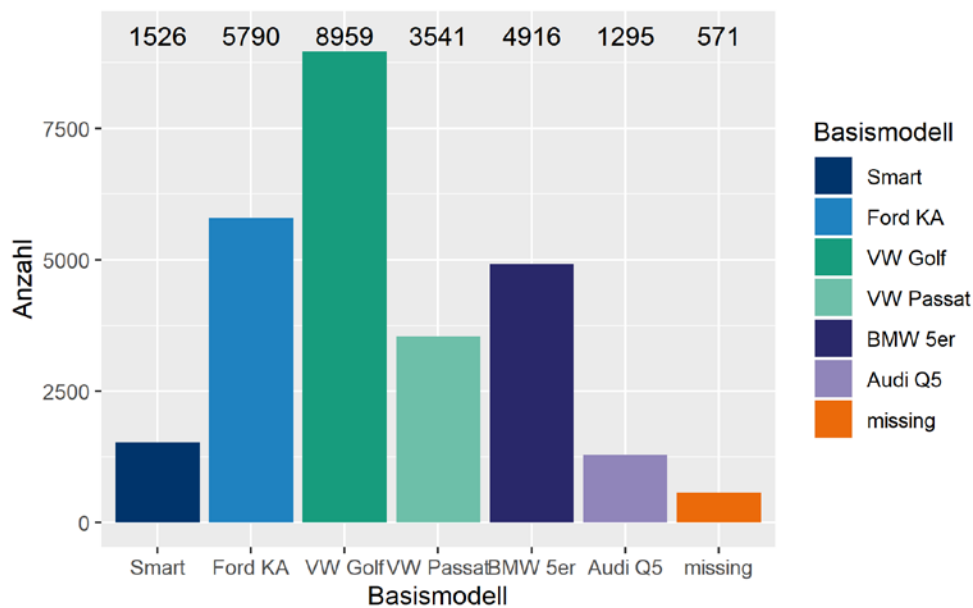


Abbildung 7 Verteilung der GIDAS-Daten über den Basismodellen

Fahrzeuge mit unvollständigen Angaben (missing) wurden zunächst ausgelassen. Diese werden in einer der folgenden Modellversionen integriert, sofern auf Basis anderer Angaben eine Zuordnung vorgenommen werden kann.

2.5 Wichtungsmodell (AP4)

Um die Basisdaten des Strukturmodells an realitätsnahe EES-Werte anzugleichen, sieht das bereits erarbeitete Schema die Entwicklung und Erstellung eines Wichtungsmodells vor. Das zu entwickelnde Wichtungsmodell muss ähnlich dem Strukturmodell einem Standard folgen und weitestgehend automatisiert erstellt werden. Der einheitliche Standard sorgt dafür, dass nicht nur NHTSA-Daten für die Wichtung des Strukturmodells genutzt werden können. Die Entwicklung des Wichtungsmodells beinhaltet unter anderem die Berechnungsmethoden zur Berücksichtigung verschiedener deformierbarer, stehender und beweglicher Barrieren, um eine Kompatibilität zu unterschiedlichsten Crashtests zu gewährleisten.

Kernpunkte zur der Nutzung von Crashtests im Rahmen des Wichtungsmodells ist die Verfügbarkeit der Deformationsvermessung sowie des EES-Werts. Wurde für den Crashtest eine Deformationsvermessung durchgeführt, kann dieser in das in Abschnitt 2.3 beschriebene Format überführt werden. Für die Fälle aus der NHTSA-Datenbank wurde dies manuell durchgeführt. Im Zuge des anonymisierten Datenimports mit dem Upload-Client für Crashtests (AP8) ist jedoch eine automatisierte Verarbeitung digitaler Vermessungsdaten angedacht. Diese wurde exemplarisch für den Import von EuroNCAP-Daten umgesetzt. Wurde die EES nicht im Rahmen der Auswertung des Crashtests ermittelt, kann diese automatisiert aus Beschleunigungs-Zeit-Verläufen bestimmt werden. Für starre Barrieren ist dies bereits umgesetzt. Für deformierbare Barrieren ist Wissen über die Steifigkeit und Deformation der Barriere notwendig. Die Erfahrung der manuellen Datenaufbereitung zeigt, dass die Annahme der in den Datenblättern der Crash-Barrieren angegebenen Steifigkeiten zum Teil keine plausiblen Ergebnisse liefert. In der manuellen Auswertung konnten daher viele Fälle vorerst nicht genutzt werden. Das Wissen über die Steifigkeit und Deformation der Barriere wird daher parallel in einem anderen Projekt aufgebaut und veröffentlicht. Es soll zukünftig für die Erstellung des Wichtungsmodells mitgenutzt werden.

Im Rahmen des Arbeitspakets wurden die Methoden zur Einbeziehung der Wichtungsmo­delle entwickelt. Crashtests mit entsprechend aufbereiteten Deformations- und EES-Daten können automatisiert verarbeitet werden.

2.6 Korrekturmodell (AP5)

Nach Abschluss der Entwicklungen von Strukturmodell und Wichtungsmo­dell sollen diese automatisiert zusammengeführt werden.

Die Korrektur ist notwendig, da bekannt ist, dass die EES-Werte der GIDAS-Datenbank für neuere Fahrzeuge im Mittel zu niedrig sind. Demnach ist davon auszugehen, dass auch das auf diesen Daten basierende Strukturmodell die EES unterschätzt. Das entwickelte Korrekturmodell gleicht das auf EES-Schätzungen basierende Strukturmodell mit auf Messungen beruhenden Crashdaten ab und korrigiert die Abweichungen durch Berechnung eines richtungs- und modellspezifischen Korrekturfaktors. Diese Korrekturfaktoren werden direkt im EES-Modell gespeichert und bei den EES-Berechnungen berücksichtigt.

Da bisher 30 Crashtests zur Korrektur zur Verfügung stehen (je 10 für die Anstoßrichtungen 12, 10 und 9), erfolgt vorerst keine Berücksichtigung der verschiedenen Basismodelle bei der Bestimmung der Korrekturfaktoren. Dies ist vorgesehen, wird jedoch erst mit steigendem Datenbankumfang möglich sein und kann in zukünftigen Modellaktualisierungen berücksichtigt werden. Derzeit werden für jeden der Crash-Tests die direkt ermittelten EES-Werte mit den über die Deformation aus dem EES-Modell geschätzten EES-Werten verglichen. Der Korrekturfaktor wird als gemittelt­es Verhältnis dieser beiden EES-Werte geschätzt. Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt dies exemplarisch für das Basismodell auf Grundlage des Audi Q5.

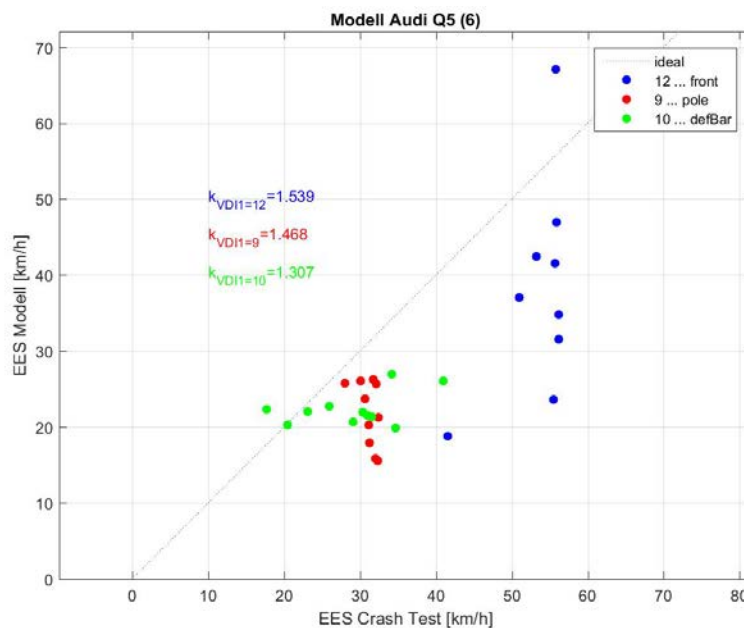


Abbildung 8 Schätzung der Korrekturfaktoren am Beispiel des Audi Q5 Basismodells

2.7 Modul GIDAS-Korrektur (AP6)

Wie in der Einleitung des Berichts bereits erwähnt wurde, soll die zentrale EES-Datenbank zur Korrektur aller in der GIDAS-Datenbank vorhandenen EES-Werte eingesetzt werden. Dies erfordert einen automatisierten Algorithmus, welcher auf Basis einiger

GIDAS-Randparameter und der jeweiligen kodierten Deformation für jeden möglichen Fall realitätsnahe EES-Werte unter Angabe einer spezifischen Toleranz berechnen kann. Diese Schnittstelle nimmt entsprechend aufbereitete Abfrageergebnisse von Fallgruppen oder Einzelfällen auf. Die Eingangsdaten werden anschließend unter Nutzung der in der zentralen Datenbank gespeicherten Informationen in plausible EES-Werte umgerechnet und in Tabellenform ausgegeben.

Ausgehend von einem GIDAS-Datenauszug mit allen relevanten Parametern wurde zunächst das zugehörige Basismodell ermittelt. Ist keine Zuordnung möglich, etwa auf Grund fehlender Angaben, wird das häufigste Basismodell (VW Golf, vgl. Abbildung 7) angenommen. Nachfolgend wird für jeden Fall eine EES-Berechnung mit den ausgewählten Basismodellen durchgeführt. Im Ergebnis wird für jeden Fall ein EES sowie die zugehörige Toleranz des EES-Wertes äquivalent zur GIDAS-Variable EESPM ermittelt und in Form einer Tabelle gespeichert. Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt einen Auszug aus der Ergebnistabelle.

Fallnummer	Beteiligte	VDI1	IMP	EES GIDAS	EESPM GIDAS	EES geschätzt	EESPM gesch	Model
1140700	1	7	-45			6	8	1
1140730	2	12	-174	26	5	34	7	1
1140770	2	12	168	18	5	18	7	1
1140787	1	12	172	36	3	41	8	1
1140791	2	2	107	21	5	40	8	1
1140809	1	1	0			0	6	1
1140822	1	2	123	4	7	0	6	1
1140828	2	2	112			9	6	1

Abbildung 9 Exemplarischer Auszug aus der Ergebnistabelle der GIDAS-Korrektur

2.8 Modul für Einzelbestimmung (AP7)

Analog zum Modul GIDAS Korrektur (AP6) soll das zu entwickelnde EES-Tool ebenfalls in der Lage sein, einzelne EES-Werte für deformierte Fahrzeuge zu bestimmen. Hierzu ist die manuelle Eingabe von Freiform-Deformationen des zu bewertenden Fahrzeuges unabdingbar. Das Modul zur Einzelbestimmung wird in Kombination mit dem EES-Interface eine grafische Oberfläche anbieten, in der Nutzer (bspw. GIDAS--Rekonstrukteure) eine Deformation am Einzelfahrzeug eingeben können und unter Angabe des Basismodells sowie der Anstoßrichtung einen plausiblen EES-Wert für Einzeldeformationen erhalten. Für Multikollisionen bedeutet das, der Nutzer kann nacheinander die für eine Teilkollision relevanten Deformationen eintragen, um die EES der Teilkollision zu berechnen.

2.9 Anonymer Datenimport (AP8)

Das in AP4 erstellte Wichtungsmodell ist in der Lage, verschiedene Crashtestdaten zu interpretieren und an das Korrekturmodell weiterzuleiten. Dies bietet unter anderem die Möglichkeit, Crashtestergebnisse direkt vom Hersteller in die Datenbank überführen zu können. Aufgrund der Geheimhaltungspflicht einer jeden Crash-Abteilung kann dies nur anonym geschehen. Der zu erstellende anonyme Datenimport entfernt sämtliche Herstellerdaten aus den Crashdatensätzen der Hersteller, bis auf die folgenden, zur EES-Bestimmung notwendigen Informationen:

- Beschleunigung und Ort über der Zeit
- Masse, Länge, Breite und Höhe des Fahrzeuges
- Fahrzeugklasse oder Informationen zur Bestimmung derselben
- Bezugsraster des Fahrzeuges (siehe Abbildung 11)

Zugleich bietet er jedem Hersteller die Möglichkeit, eigene Crashtests in anonymisierter Form zur Verfügung zu stellen, um das Wichtungsmodell zu verbessern. Tabelle XX zeigt die zur Bestimmung der EES notwendigen Informationen.

Dazu wurde ein Programm entwickelt, welches direkt mit dem standardisierten MME-Format der Crash-Test-Aufzeichnungssoftware arbeitet. Diese Datei enthält neben notwendigen Angaben zum Fahrzeug (zur Bestimmung der Fahrzeugklasse) auch weitere Angaben, die anonymisiert werden. Die nachfolgende Abbildung 10 zeigt exemplarisch die Oberfläche des Programms. Dabei werden grün hinterlegte Felder übernommen, grau hinterlegte Felder werden anonymisiert.

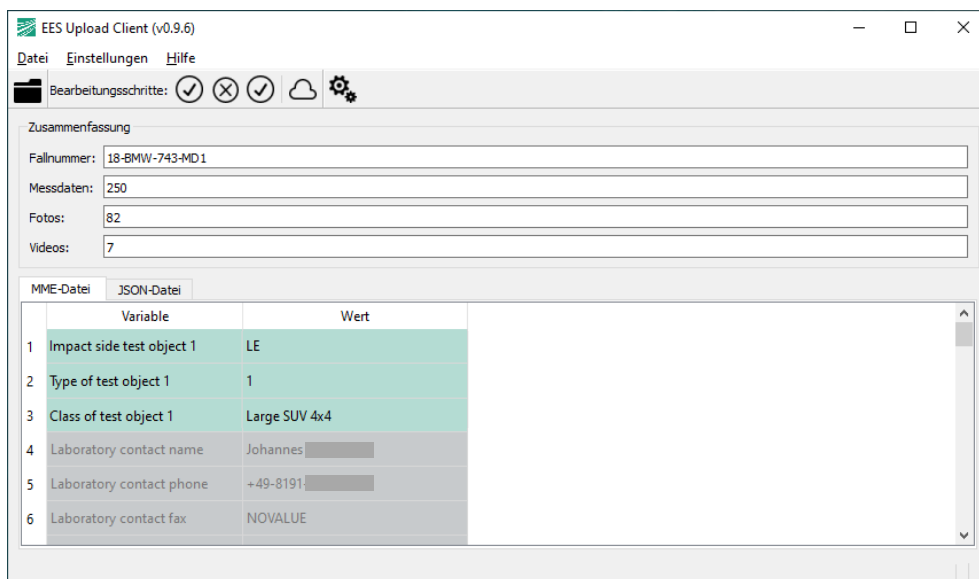


Abbildung 10 Oberfläche des EES-Upload-Client

Wie die nachfolgende Abbildung 11 zeigt, enthält der Upload-Client zudem eine Oberfläche zur vereinfachten Erstellung des Bezugsrasters anhand eines Fotos der Seitenansicht, welches in der Regel für die Crashtests verfügbar ist.

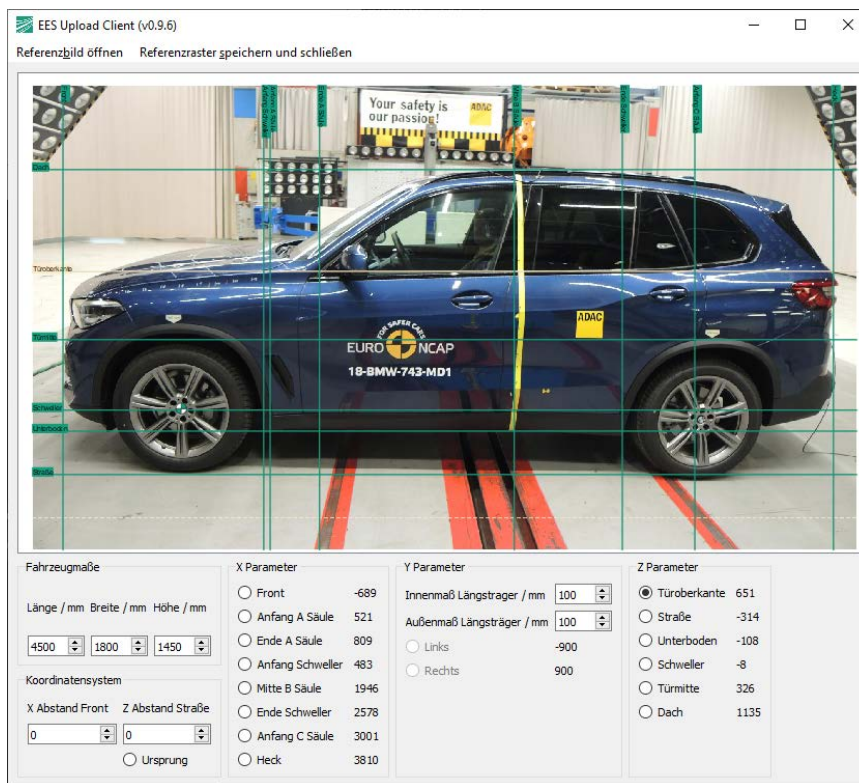


Abbildung 11 Eingabemaske für die Erstellung des Bezugsrasters

2.10 Filterpaket (AP9)

Für einige EES-Bestimmungen ist es notwendig, den Basisdatensatz aus der zentralen Datenbank einzuschränken. Beispielsweise werden sich Fahrzeuge, welche vor der Einführung eines entsprechenden NCAP-Crashtests konzipiert wurden, bei der EES-Berechnung anders verhalten als neuere Fahrzeuge. Weiterhin kann bei entsprechend großer Datenbasis eine Einschränkung auf Modellvarianten und/oder Massen hilfreich sein, um einen genaueren EES-Wert zu bestimmen. Das Filterpaket bietet die Möglichkeit, den Basisdatensatz aus der zentralen Datenbank nach allen vorhandenen Parametern zu filtern und anschließend eine Neukalkulation des entsprechenden Korrekturmodells für den speziellen Anwendungsfall durchzuführen. Das für den Spezialfall erstellte separate Korrekturmodell soll anschließend als Berechnungsgrundlage dauerhaft in der zentralen Datenbank zur Verfügung stehen.

Im Rahmen der Bearbeitung zeigt sich, dass aufgrund der aktuellen Datengrundlage die Unterteilung nach Basismodellen und VDI1-Richtungen nicht sinnvoll ist, da die Modelle nicht ausreichend mit Daten belegt werden können. Es wird sich daher aktuell auch auf die Abbildung der Daten auf die Modellierung von post-NCAP Fahrzeugen konzentriert. Ersatzweise wurde eine Klassifikation für die Zuordnung des Basismodells auf Grundlage von Fahrzeuginformationen erstellt. Ausgehend von den Informationen zu Radstand, Länge, Breite, Gewicht, Anzahl der Türen und ob es sich um einen Kombi handelt, wird das zugehörige Basismodell ermittelt. Dies ermöglicht die Zuordnung von GIDAS-Fällen mit Lücken in der Kodierung der Fahrzeugart bzw. Fahrzeugklasse und zukünftig die Erschließung der NASS-Daten für die Erstellung des Strukturmodells.

2.11 Aggregation weiterer Crashtest-Daten (AP10)

Zur Modellverbesserung und zur Nutzung der neu entstandenen Algorithmen für Seiten- und Heck-EES-Modelle müssen weitere Crashtestdaten in das Wichtungsmodell eingepflegt werden. Hierzu werden zusätzlich umfangreiche Abfragen an die NHTSA-Datenbank gestellt und vorhandene reale Crashtests in das Modell eingepflegt. Innerhalb dieses Arbeitspaketes können ebenfalls vorhandene, freigegebene Crashtests aller FAT-Mitglieder in das Wichtungsmodell eingepflegt werden. Die Neuberechnung des Wichtungsmodells sowie die Anwendung auf das vorliegende Strukturmodell schließt die Aggregation weiterer Crashtestdaten ab. Je mehr reale Crashtests in das Wichtungsmodell einfließen, desto geringer wird die zugrundeliegende Toleranz aller berechneten EES-Werte sein.

2.12 Validierung (AP11)

Das entstandene EES-Korrekturmodell für GIDAS-EES-Werte und zur Einzelfall-EES-Bestimmung erfordert eine Validierung. Diese wird anhand einzelner, vorgegebenen Crashtests von mindestens zwei Herstellern durchgeführt. Vorhandene Crashtestdatenbanken (bspw. Schimmelpfennig und Becke) können ebenfalls zur Validierung herangezogen werden. Die Validierung schließt den produktiven Teil des Gesamtprojektes ab und gibt Aufschluss über die Funktionalität, Genauigkeit und Sicherheit des neuen FAT-EES-Modells.

Im Rahmen dieses Projektes wurden keine Crash-Tests von Herstellern zur Verfügung gestellt. Daher wurde im Projektverlauf entschieden, stattdessen auf aktuelle EuroNCAP Crash-Tests, welche über ein paralleles Projekt verfügbar gemacht werden sollten, zurückzugreifen. Auf Grund von Schwierigkeiten mit der Aufnahme von Deformationsvermessung in das EuroNCAP-Protokoll kam es hier zu Verzögerungen und es stehen derzeit nur wenige Crash-Testdaten für die Validierung (über die Daten zur Erstellung des Korrekturmodells hinaus) zur Verfügung. Es wird erwartet, dass Mitte des Jahres EuroNCAP-Crashtests für eine Validierung verfügbar sind. Die Validierung kann daher bisher nicht systematisch für alle Basismodelle und verschiedene Anstoßrichtungen erfolgen.

Auf Basis der verfügbaren 8 EuroNCAP-Crash-Tests konnten die Modelle punktuell validiert werden. Abbildung 12 und Abbildung 14 zeigen exemplarisch zwei Beispiele der Validierung. Dabei sind jeweils die EES_{Test} als Ergebnis der EES-Berechnung und die EES_{Modell} als Ergebnis der modellbasierten Berechnung ausgewiesen. Für die EES_{Modell} -Werte sind zudem die berechneten Modellunsicherheiten (1-sigma-Intervall) angegeben. Im Vergleich dazu wird jeweils ein Bild des Crash-Tests zum Vergleich angeführt (Abbildung 13 und Abbildung 15).

Wird das Verhältnis zwischen EES_{Modell} und EES_{Test} für alle 8 verfügbaren Crash-Tests gemittelt, ergibt sich ein Verhältnis von 1,0147. Der modellbasierte EES stimmt damit sehr gut mit dem EES des Crash-Tests überein. Diese ist für die Stichprobe ein sehr gutes Ergebnis, obgleich für die systematische Validierung aller Teilmodelle deutlich mehr Crash-Test notwendig sind.

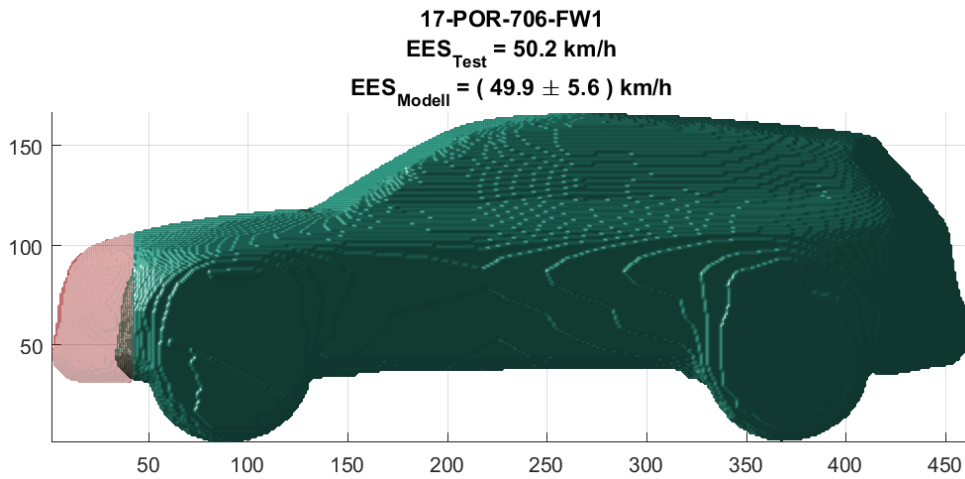


Abbildung 12 Beispielfall 17-POR-706-FW1 der Validierung eines Full-Frontal-Crash-Tests



Abbildung 13 Vergleichsfoto nach dem Crash-Test für den Beispielfall 17-POR-706-FW1

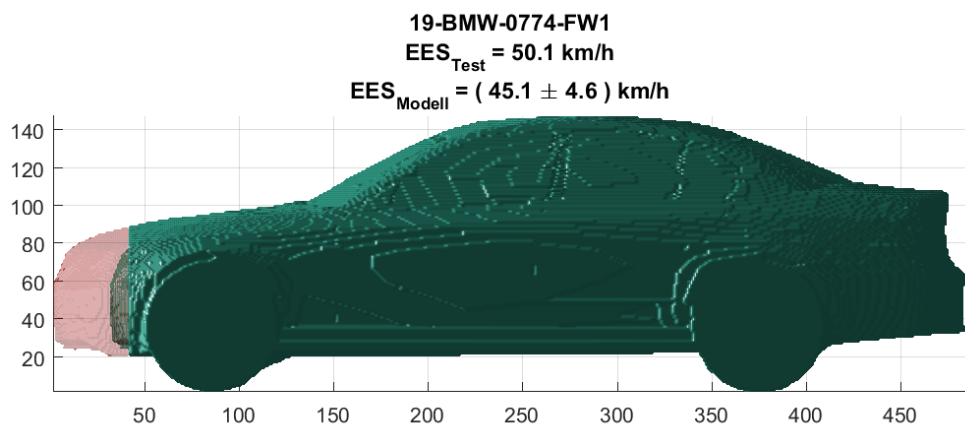


Abbildung 14 Beispielfall 19-BMW-0774-FW1 der Validierung eines Full-Frontal-Crash-Tests



Abbildung 15 Vergleichsfoto nach dem Crash-Test für den Beispielfall 19-BMW-0774-FW1 (gespiegelt)

2.13 Dokumentation (AP12)

Um das verwendete Modell einer weiteren Prüfung zu unterziehen, wurde ein Peer-Review-Paper beim FISITA World Congress (Sep. 2020) eingereicht. Der Beitrag wurde angenommen und kann voraussichtlich 2021¹ als Vortrag präsentiert werden.

¹ Auf Grund der Corona-Pandemie wurde der FISITA World Congress verschoben.

3 Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts sollten die EES-Modelle in eine praxistaugliche Lösung überführt werden. Dies umfasst im Wesentlichen drei Kernaufgaben:

- die Vervollständigung, Spezialisierung und kontinuierliche Pflege des EES-Modells,
- Einbindung von Crash-Test-Daten zur Erstellung des Korrekturmodells,
- Korrektur der EES-Werte in GIDAS und
- die Möglichkeit zur Einzelbestimmung der EES durch Eingabe der Deformationen.

Für die Vervollständigung und Spezialisierung des Modells wurden die Unfalldaten und die EES-Schätzungen der GIDAS-Datenbank, mit den zugehörigen Deformationswerten nach Anstoßrichtung und Fahrzeugklasse gruppiert und den Basismodellen zugeordnet. Dies ermöglicht eine spezialisierte Modellierung der Basismodelle und löst das bisher bestehende Problem unspezifischer Modelle etwa für Kleinwagen und SUV. Das EES-Modell kann jetzt für alle Anstoßrichtungen (360°) eingesetzt werden und unterscheidet insgesamt 6 Basismodelle. Diese bilden den Großteil der PKW ab, ausgenommen sind bisher noch Cabrios und kleine Transport. Die Modellerstellung wurde weitgehend automatisiert, um zukünftig regelmäßige Modellaktualisierungen, etwa bei Veröffentlichung eines neuen GIDAS-Abzugs, zu ermöglichen. Für die Verteilung und Nutzung des EES-Modells wurde zudem ein Hintergrundsystem mit zugehöriger Datenbank entwickelt und in Betrieb genommen, welches die Verteilung der aktualisierten Modelle an alle Nutzer ermöglicht.

Das EES-Modell ist ein mathematisches Modell zur Verknüpfung der Deformation mit einem resultierenden EES-Wert. Das Modell wird anhand vorhandener Unfalldaten (Deformation + EES-Schätzwert) errechnet. Das Ergebnis wird als Strukturmodell bezeichnet und kann auch mögliche Schätzfehler der Eingangsdaten beinhalten. So ist aus den Vorprojekten bekannt, dass insbesondere für neue Fahrzeuge die Schätzung der Rekonstrukteure im Schnitt zu niedrig sind. Um dies zu korrigieren, wurde in einem zweiten Schritt ein Korrekturmodell erstellt. Dieses basiert auf den Daten von Crash-Tests, also auf Fällen für den die EES objektiv bestimmt werden kann. Durch einen Vergleich des Strukturmodells mit den Crash-Test-Daten konnte ein Korrekturfaktor bestimmt werden und entsprechend in das Modell integriert (Korrekturmodell) werden. Im Ergebnis kann so ein objektiver EES-Wert (oEES) berechnet werden. Im Mittel beträgt der Korrekturfaktor 1,45. Es kann also bestätigt werden, dass die EES-Werte in GIDAS deutlich unterschätzt werden.

Sowohl für die Erstellung des Korrekturmodells als auch für die Validierung der Modelle werden Crash-Tests genutzt. Standard-Crash-Tests decken jedoch nicht alle Anstoßrichtungen ab. Daher sind perspektivisch Nicht-Standard-Crash-Tests notwendig. Um diese für die Modellierung bereit zu stellen, wurde ein Client für den anonymisierten Upload von Crash-Tests entwickelt.

Mit dem vollständigen EES-Modell wurden die objektiveren EES-Werte für alle PKWs der GIDAS-Datenbank berechnet. Diese Werte stehen allen FAT-Mitgliedern zur Verfügung und werden mit den Ergebnissen ausgeliefert. In der Arbeit „Injury risk functions for frontal oblique collisions“ von Nino Andricevic, Mirko Junge und

Jonas Krampe wurde dieser oEES bereits zu Erstellung einer Verletzungsrisikofunktion genutzt.

Das EES-Modell kann auch direkt zur Bestimmung der oEES genutzt werden. Dazu wurde ein Client zur Einzelbestimmung entwickelt. Dieser erlaubt die direkte Eingabe und Visualisierung von Deformationen und berechnet daraus die oEES. Auch dieses Programm steht allen FAT-Mitgliedern zur Verfügung.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ein wesentliches Ergebnis ist, die Möglichkeit objektivierte EES-Werte zu berechnen. Durch die Vervollständigung des EES-Modells für alle Anstoßrichtungen und die Spezialisierung von insgesamt sechs Basismodellen ist diese Berechnung für nahezu alle PKW-Kollisionen mit bleibendem Deformationsmuster möglich. Dazu stehen den FAT-Mitglieder zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Nutzung der Vorberechneten oEES-Werte für alle GIDAS-Fälle oder
- Berechnung durch manuelle Eingabe der Deformationen.

Da für die künftige Weiterentwicklung und die vollständige Validierung des EES-Modells weitere Crash-Tests benötigt werden, wurde eine Software zur anonymisierten Bereitstellung von Crash-Tests entwickelt. Notwendig sind insbesondere nicht Standard-Tests mit variierenden Anschlusskonfigurationen sowie Geschwindigkeitsniveaus. Es sind alle FAT-Mitglieder eingeladen zur Datenbasis beizutragen, und so die Datenbasis für ein gemeinsames EES-Modell zu verbessern.

Zukünftig sind regelmäßig Aktualisierungen des EES-Modells geplant. Ziel ist, dass diese Updates allen FAT-Mitgliedern zur Verfügung stehen und so gewährleistet ist, dass alle Zugriff auf ein aktuelles und konsistentes EES-Modell haben und somit sichergestellt ist, dass der objektivierte EES-Wert vergleichbar ist.

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2014)

Nr.	Titel
263	Laserstrahlschweißen von Stahl an Aluminium mittels spektroskopischer Kontrolle der Einschweißtiefe und erhöhter Anbindungsbreite durch zweidimensional ausgeprägte Schweißnähte, 2014
264	Entwicklung von Methoden zur zuverlässigen Metamodellierung von CAE Simulations-Modellen, 2014
265	Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von PKW, 2014
266	Entwicklung einer numerischen Methode zur Berücksichtigung stochastischer Effekte für die Crashsimulation von Punktschweißverbindungen, 2014
267	Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 1, 2014
268	Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 2, 2014
269	Schwingfestigkeitsbewertung von Schweißnahtenden MSG-geschweißter Feinblechstrukturen aus Aluminium, 2014
270	Physiologische Effekte bei PWM-gesteuerter LED-Beleuchtung im Automobil, 2015
271	Auskunft über verfügbare Parkplätze in Städten, 2015
272	Zusammenhang zwischen lokalem und globalem Behaglichkeitsempfinden: Untersuchung des Kombinationseffektes von Sitzheizung und Strahlungswärmeübertragung zur energieeffizienten Fahrzeugklimatisierung, 2015
273	UmCra - Werkstoffmodelle und Kennwertermittlung für die industrielle Anwendung der Umform- und Crash-Simulation unter Berücksichtigung der mechanischen und thermischen Vorgeschichte bei hochfesten Stählen, 2015
274	Exemplary development & validation of a practical specification language for semantic interfaces of automotive software components, 2015
275	Hochrechnung von GIDAS auf das Unfallgeschehen in Deutschland, 2015
276	Literaturanalyse und Methodenauswahl zur Gestaltung von Systemen zum hochautomatisierten Fahren, 2015
277	Modellierung der Einflüsse von Porenmorphologie auf das Versagensverhalten von Al-Druckgussteilen mit stochastischem Aspekt für durchgängige Simulation von Gießen bis Crash, 2015
278	Wahrnehmung und Bewertung von Fahrzeugaußengeräuschen durch Fußgänger in verschiedenen Verkehrssituationen und unterschiedlichen Betriebszuständen, 2015
279	Sensitivitätsanalyse rollwiderstandsrelevanter Einflussgrößen bei Nutzfahrzeugen – Teil 3, 2015
280	PCM from iGLAD database, 2015
281	Schwere Nutzfahrzeugkonfigurationen unter Einfluss realitätsnaher Anströmbedingungen, 2015
282	Studie zur Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder in der Umwelt auf medizinische Implantate, 2015
283	Verformungs- und Versagensverhalten von Stählen für den Automobilbau unter crashartiger mehrachsiger Belastung, 2016
284	Entwicklung einer Methode zur Crashsimulation von langfaserverstärkten Thermoplast (LFT) Bauteilen auf Basis der Faserorientierung aus der Formfüllsimulation, 2016
285	Untersuchung des Rollwiderstands von Nutzfahrzeugreifen auf realer Fahrbahn, 2016

- 286 χ MCF - A Standard for Describing Connections and Joints in the Automotive Industry, 2016
- 287 Future Programming Paradigms in the Automotive Industry, 2016
- 288 Laserstrahlschweißen von anwendungsnahen Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau, 2016
- 289 Untersuchung der Bewältigungsleistung des Fahrers von kurzfristig auftretenden Wiederübernahmesituationen nach teilautomatischem, freihändigem Fahren, 2016
- 290 Auslegung von geklebten Stahlblechstrukturen im Automobilbau für schwingende Last bei wechselnden Temperaturen unter Berücksichtigung des Versagensverhaltens, 2016
- 291 Analyse, Messung und Optimierung des Ventilationswiderstands von Pkw-Rädern, 2016
- 292 Innenhochdruckumformen laserstrahlgelöteter Tailored Hybrid Tubes aus Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau, 2017
- 293 Filterung an Stelle von Schirmung für Hochvolt-Komponenten in Elektrofahrzeugen, 2017
- 294 Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Feinbleche aus Stahl unter kombinierter Beanspruchung, 2017
- 295 Wechselwirkungen zwischen zyklisch-mechanischen Beanspruchungen und Korrosion: Bewertung der Schädigungsäquivalenz von Kollektiv- und Signalformen unter mechanisch-korrosiven Beanspruchungsbedingungen, 2017
- 296 Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur, 2017
- 297 Analyse zum Stand und Aufzeigen von Handlungsfeldern beim vernetzten und automatisierten Fahren von Nutzfahrzeugen, 2017
- 298 Bestimmung des Luftwiderstandsbeiwertes von realen Nutzfahrzeugen im Fahrversuch und Vergleich verschiedener Verfahren zur numerischen Simulation, 2017
- 299 Unfallvermeidung durch Reibwertprognosen, 2017
- 300 Thermisches Rollwiderstandsmodell für Nutzfahrzeugreifen zur Prognose fahrprofilspezifischer Energieverbräuche, 2017
- 301 The Contribution of Brake Wear Emissions to Particulate Matter in Ambient Air, 2017
- 302 Design Paradigms for Multi-Layer Time Coherency in ADAS and Automated Driving (MULTIC), 2017
- 303 Experimentelle Untersuchung des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit von Scheiben auf die Kondensatbildung, 2017
- 304 Der Rollwiderstand von Nutzfahrzeugreifen unter realen Umgebungsbedingungen, 2018
- 305 Simulationsgestützte Methodik zum Entwurf intelligenter Energiesteuerung in zukünftigen Kfz-Bordnetzen, 2018
- 306 Einfluss der Kantenbearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Stahl-Feinblechen unter quasistatisch und schwingender Beanspruchung, 2018
- 307 Fahrerspezifische Aspekte beim hochautomatisierten Fahren, 2018
- 308 Der Rollwiderstand von Nutzfahrzeugreifen unter zeitvarianten Betriebsbedingungen, 2018
- 309 Bewertung der Ermüdungsfestigkeit von Schraubverbindungen mit gefurchem Gewinde, 2018
- 310 Konzept zur Auslegungsmethodik zur Verhinderung des selbsttätigen Losdrehens bei Bauteilsystemen im Leichtbau, 2018
- 311 Experimentelle und numerische Identifikation der Schraubenkopfverschiebung als Eingangsgröße für eine Bewertung des selbsttätigen Losdrehens von Schraubenverbindungen, 2018

- 312 Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr, 2018
- 313 Charakterisierung und Modellierung des anisotropen Versagensverhaltens von Aluminiumwerkstoffen für die Crashesimulation, 2018
- 314 Definition einer „Äquivalenten Kontakttemperatur“ als Bezugsgröße zur Bewertung der ergonomischen Qualität von kontaktbasierten Klimatisierungssystemen in Fahrzeugen, 2018
- 315 Anforderungen und Chancen für Wirtschaftsverkehre in der Stadt mit automatisiert fahrenden E-Fahrzeugen (Fokus Deutschland), 2018
- 316 MULTIC-Tooling, 2019
- 317 EPHoS: Evaluation of Programming - Models for Heterogeneous Systems, 2019
- 318 Air Quality Modelling on the Contribution of Brake Wear Emissions to Particulate Matter Concentrations Using a High-Resolution Brake Use Inventory, 2019
- 319 Dehnratenabhängiges Verformungs- und Versagensverhalten von dünnen Blechen unter Scherbelastung, 2019
- 320 Bionischer LAM-Stahlleichtbau für den Automobilbau – BioLAS, 2019
- 321 Wirkung von Systemen der aktiven, passiven und integralen Sicherheit bei Straßenverkehrsunfällen mit schweren Güterkraftfahrzeugen, 2019
- 322 Unfallvermeidung durch Reibwertprognosen - Umsetzung und Anwendung, 2019
- 323 Transitionen bei Level-3-Automation: Einfluss der Verkehrsumgebung auf die Bewältigungsleistung des Fahrers während Realfahrten, 2019
- 324 Methodische Aspekte und aktuelle inhaltliche Schwerpunkte bei der Konzeption experimenteller Studien zum hochautomatisierten Fahren, 2020
- 325 Der Einfluss von Wärmeverlusten auf den Rollwiderstand von Reifen, 2020
- 326 Lebensdauerberechnung hybrider Verbindungen, 2020
- 327 Entwicklung der Verletzungsschwere bei Verkehrsunfällen in Deutschland im Kontext verschiedener AIS-Revisionen, 2020
- 328 Entwicklung einer Methodik zur Korrektur von EES-Werten, 2020

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2020

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de
Twitter @VDA_online

VDA | Verband der
Automobilindustrie

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de/fat

FAT | Forschungsvereinigung
Automobiltechnik