

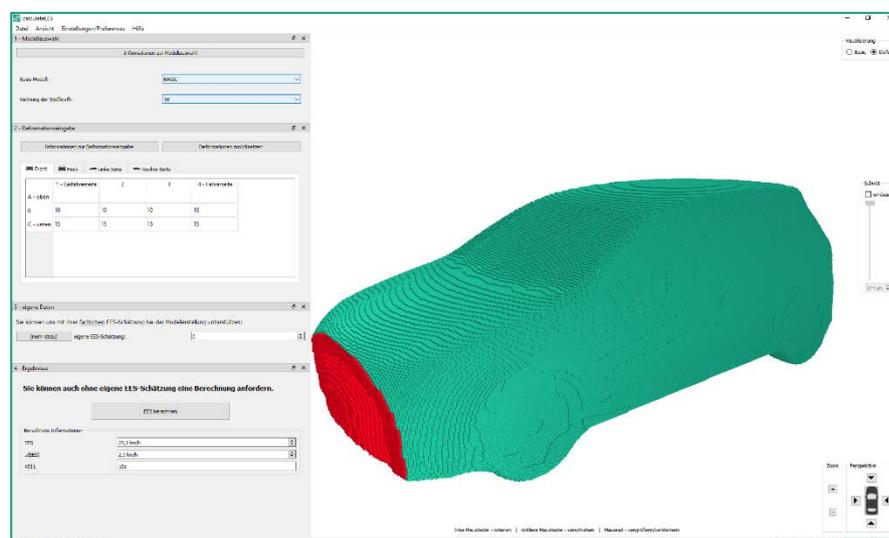
# 3-DIMENSIONALES EES-MODELL AUF BASIS VON UNFALL- UND CRASH-TEST-DATEN

## Projektbericht Phase 2

Pascal Breitlauch, M. Eng.

Gefördert von der ADAC Stiftung

Dresden, Dezember 2021



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung .....</b>	<b>4</b>
2.1	AP 2.1 Weiterentwicklung des bestehenden Viewers.....	4
2.2	AP 2.2 EES-Bestimmungstool resultierender EES .....	8
2.3	AP 2.3 Konzept und Tool zum Einspielen von einzelnen Deformationsdaten durch Gutachter und Unfallforscher .....	11
2.3.1	Eingabe der Deformationen.....	12
2.3.2	Upload einer eigenen EES-Schätzung.....	14
2.3.3	Upload anonymisierter Fotos .....	14
2.4	AP 2.4 Möglichkeiten zur Überprüfung einzelner Deformationsbereiche .....	16
2.5	AP 2.5 Test des EES-Tools und Identifikation von Sonderfällen/Systemgrenzen .....	16
2.6	AP 2.6 Konzept zur Distribution .....	16
2.7	AP 2.7 Test aller Tools auf der Euro NCAP Website.....	17
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>18</b>

In einer 2014 veröffentlichten Dissertation wurde gezeigt, dass der Energy Equivalent Speed (EES)-Wert in Kombination mit dreidimensionalen Deformationen realer Unfallfahrzeuge der German In-Depth Accident Study (GIDAS)-Datenbank zu einem Modell zusammengeführt werden kann, welches eine Grundsteifigkeitsstruktur für Pkw auf Basis realer Verkehrsunfalldaten abbilden kann. Dieses Modell wird in diesem Bericht EES-Modell genannt. Mit Hilfe der Dissertation konnte erstmals eine Methode zur wissenschaftlichen Bestimmung einer EES für die Unfallrekonstruktion ohne Schätzung und ohne die Durchführung von Crashtests entwickelt werden.

Diese Methode ist Grundlage für die zweite Projektphase. In dieser Phase wird eine Online-Plattform erstellt, zu der Unfallgutachter\*innen und Verkehrsunfallforscher\*innen einen personalisierten Zugang erhalten. Die Plattform ermöglicht durch das Setzen einzelner Filterkriterien den Zugriff auf vordefinierte Modelle der EES-Datenbank. Die Nutzer\*innen der Plattform sollen zum einen in der Lage sein, ihre EES-Schätzungen durch Vergleiche zu verifizieren, zum anderen sollen sie befähigt werden, Daten zurückzuspielen. Insbesondere Deformationen und zugehörige oder berechnete EES-Werte sollen die Datenbasis erweitern und aktuell halten. Weiterhin wird die Plattform an die Euro NCAP-Seite angebunden und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der im Projekt enthaltenen Einzelfallbearbeitung zu Testzwecken werden darüber hinaus Sonderfälle identifiziert und dokumentiert, die jenseits der Grenzen des EES-Modells liegen (bspw. Intrusion von schmalen Objekten ohne Wirkung der Crashstruktur, Unterfahren unter Lkw-Heck etc.).

## 2 Durchführung

### 2.1 AP 2.1 Weiterentwicklung des bestehenden Viewers

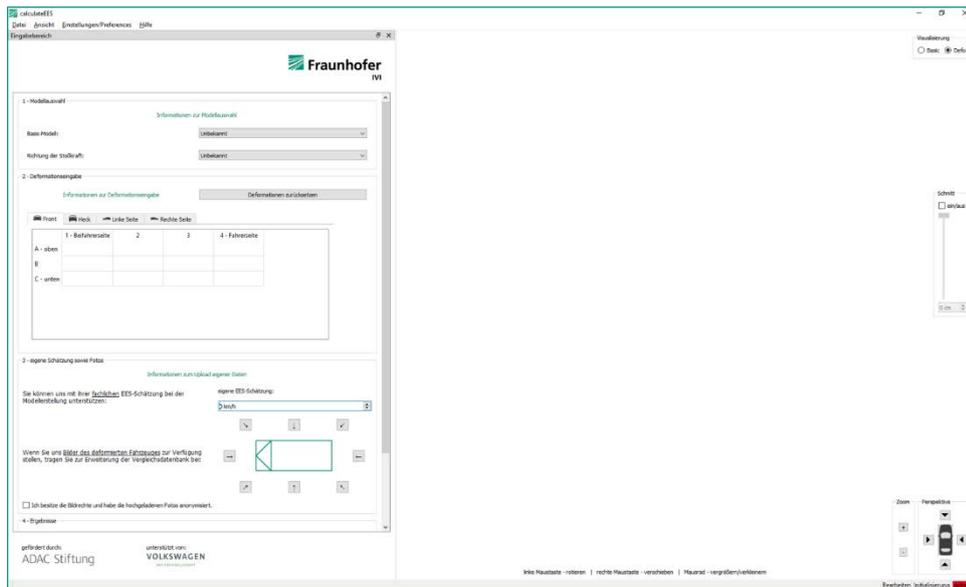
Grundlage der Plattform zur EES-Bestimmung ist ein vorliegender Viewer, welcher EES-Modelle dreidimensional darstellt und Nutzer\*innen die Möglichkeit zur Betrachtung der Deformationen gibt. Dieser Viewer wurde im Rahmen des Projektes um eine Nutzerführung und verschiedene Eingabemöglichkeiten erweitert. Das dabei entstandene Programm wird fortan *calculateEES* oder *cEES* genannt. Die folgende Benutzerführung wurde implementiert:

The screenshot displays a multi-step user interface for calculating EES. It is divided into six numbered sections:

- 1 - Modellauswahl:** A form titled 'Informationen zur Modellauswahl' with two dropdown menus: 'Basis-Modell:' (set to 'Unbekannt') and 'Richtung der Stoßkraft:' (set to 'Unbekannt').
- 2 - Deformationseingabe:** A form titled 'Informationen zur Deformationseingabe' with a 'Deformationen zurücksetzen' button. It features a table for inputting deformation data across four vehicle sides (1 - Beifahrerseite, 2, 3, 4 - Fahrerseite) and three measurement points (A - oben, B, C - unten). Navigation tabs for 'Front', 'Heck', 'Linke Seite', and 'Rechte Seite' are visible.
- 3 - eigene Schätzung sowie Fotos:** A form titled 'Informationen zum Upload eigener Daten'. It asks for an 'eigene EES-Schätzung:' (input: 0 km/h) and includes a section for uploading photos of the deformed vehicle.
- 4 - Ergebnisse:** A section with a warning: 'Bitte prüfen Sie das Basis-Modell, die Richtung der Stoßkraft und die eingegebenen Deformationen.' Below this are buttons for 'EES berechnen', 'Ergebnisse als PDF speichern', and 'weitere Informationen'.

Abbildung 2-1: Abfolge der Benutzerführung von *calculateEES*

Abbildung 2-1 zeigt die einzelnen Schritte der Benutzerführung. Schritt 1 befasst sich mit der Auswahl des passenden EES-Modells, Schritt 2 ermöglicht die Eingabe von Deformationen, Schritt 3 erfragt eine optionale eigene Schätzung des EES-Wertes, Schritt 4 beinhaltet den optionalen Upload von Fotos der Deformationen, während Schritt 5 eine Überprüfung der eingegebenen Daten beinhaltet und die Möglichkeit des Sendens einer Berechnungsanfrage an den Fraunhofer-Server freischaltet. Schritt 6 ermöglicht es, die berechnete EES sowie alle getätigten Eingaben in einer PDF-Datei zu speichern. Alle Schritte werden im Folgenden detailliert erklärt.



Durchführung

**Abbildung 2-2: Ansicht des Programms nach dem Öffnen**

Abbildung 2-2 zeigt die Ansicht des Programms direkt nach dem Öffnen. Der Einstieg in die Benutzerführung erfolgt entweder über die Nummerierung der Themenblöcke (Einstieg bei 1) oder über die Auflistung der zur Freigabe der Berechnung fehlenden Eingaben (siehe Abbildung 2-1, Schritt 5).

Sowohl die Struktur eines Fahrzeuges als auch die Richtung der während des Stoßes wirkenden Kraft beeinflusst das Deformationsverhalten. Aus diesem Grund muss im ersten Schritt das gewünschte EES-Modell durch Angabe des Basis-Modells und der Stoßrichtung ausgewählt werden. Das Basis-Modell sollte im deformierten Bereich strukturell ähnlich zum zu analysierenden Fahrzeug sein und kann aus den folgenden sieben verschiedenen Fahrzeugformen gewählt werden:

- Kleinwagen (Smart)
- Kleinwagen (Ford Ka)
- Mittelklasse (VW Golf)
- BASIC (alle Fahrzeugtypen auf die Form eines VW Golf projiziert)
- Limousine (BMW 5er)
- Kombi (VW Passat)
- SUV (Audi Q5)

Die Stoßrichtung beeinflusst ebenfalls das Deformationsverhalten eines Fahrzeuges und sollte daher passend zur vorliegenden Unfallsituation gewählt werden. Die Einteilung orientiert sich an der Principal Direction Of Force (PDOF) der Collision Deformation Classification (CDC) und ist in 12 Richtungen eingeteilt. Dadurch liegt der Vergleich zu einer Uhr nahe. Beispielsweise wird ein Stoß aus Richtung der Front eines Fahrzeuges mit der 12 (oben auf der Uhr) charakterisiert.

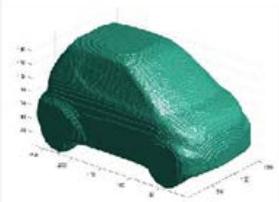
Die dargelegten Zusammenhänge zur Auswahl des zum analysierten Fahrzeug passenden EES-Modells sind auch im Programm hinterlegt. Durch die Schaltfläche „Informationen zur Modellauswahl“ kann das folgende Pop-Up-Fenster angezeigt werden:

Durchführung

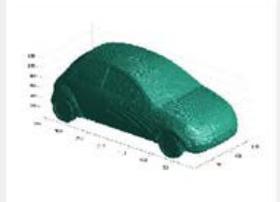
**Informationen zur Auswahl des passenden EES-Modells**

**Auswahl des Basis-Modells:**

Unterschiedliche Fahrzeugformen weisen unterschiedliche Steifigkeiten bei einer Kollision auf. Während ein Kleinwagen eher steif ausgelegt wird, nutzen Limousinen den zur Verfügung stehenden Platz als Deformationszone aus. Aus diesem Grund sollten Sie für eine möglichst realistische Schätzung eines EES-Wertes ein strukturell ähnliches Fahrzeug auswählen. Dabei ist vor allem der deformierte Bereich relevant. Beispielsweise ist es bei einer Frontalkollision nicht ausschlaggebend, ob Sie einen Kombi oder eine Limousine auswählen. Die folgenden Fahrzeugformen sind auswählbar:



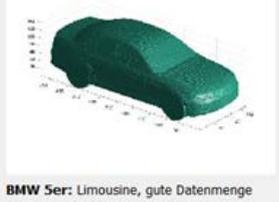
**Smart:** Kleinwagen, mittlere Datenmenge



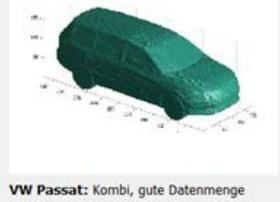
**Ford Ka:** Kleinwagen, gute Datenmenge



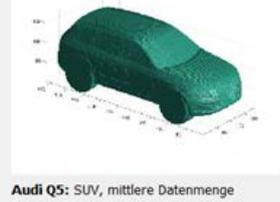
**VW Golf:** Mittelklasse, gute Datenmenge; und **BASIC:** alle Fahrzeugformen im Golf-Modell, sehr gute Datenmenge



**BMW 5er:** Limousine, gute Datenmenge



**VW Passat:** Kombi, gute Datenmenge

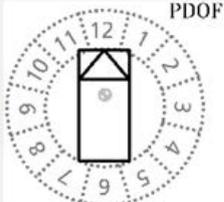


**Audi Q5:** SUV, mittlere Datenmenge

**Auswahl der Richtung der Stoßkraft:**

Neben der Form eines Fahrzeuges nimmt auch die Richtung der Kraft Einfluss auf das Deformationsverhalten. Ein einfaches Beispiel hierfür ist ein Hohlzylinder aus Pappe. Radial nimmt dieser kaum Kraft auf, stattdessen wird sich der Hohlzylinder sofort deformieren. Wirkt eine Kraft aber axial auf den Zylinder, so ist eine deutlich größere Kraft zur Deformation notwendig. Auch die in einem Fahrzeug befindlichen Bauteile können in Abhängigkeit der Krafrichtung unterschiedliche Deformationsverhalten aufweisen.

Aus diesem Grund wurden die EES-Modelle nicht nur nach Fahrzeugform gruppiert, sondern auch nach der prinzipiellen Richtung der Kraft während des Stoßes. Um die Einteilung zu vereinfachen, ist diese an der Principal Direction Of Force (PDOF) der Collision Deformation Classification (CDC) [SAE International, 1980] angelehnt. Wie im nebenstehenden Bild sichtbar werden die Krafrichtungen wie auf einer Uhr eingeteilt, wobei die 12 der Uhr der Front des Fahrzeuges entspricht. Eine Frontalkollision (90°) mit einer Mauer wird mit PDOF = 12 klassifiziert. Eine Heckkollision ist durch PDOF = 06 für das gestoßene Fahrzeug und PDOF = 12 für das auffahrende/stoßende Fahrzeug charakterisiert.



**Abbildung 2-3: Pop-Up mit Informationen zur Modellauswahl**

Nach der erfolgreichen Auswahl von Basis-Modell und Stoßrichtung wird das EES-Modell geladen und angezeigt. Wenn es aufgrund fehlender Modelldaten nicht geladen werden kann, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Im nächsten Schritt werden Deformationen eingegeben, wobei die Schaltfläche „Informationen zur Deformationseingabe“ ein Pop-Up-Fenster mit weiteren Informationen bietet. Das Pop-Up-Fenster kann Abbildung 2-4 entnommen werden. Der Eingabebereich der Deformationen wird in Kapitel 2.3 näher erläutert. An dieser

Durchführung

**Abbildung 2-4: Pop-Up mit Informationen zur Deformationseingabe**

**Informationen zur Eingabe der Deformationen**

**Einheit**  
Die Deformationen müssen in Zentimetern (1 cm) eingegeben werden.

**Eingabe**  
Um die Eingabe der Deformationen zu vereinfachen, werden Deformationszonen für die Front, das Heck und beide Fahrzeugseiten angeboten. Die zur Verfügung stehenden Deformationszonen orientieren sich an markanten Fahrzeugteilen und sind in der untenstehenden Abbildung dargestellt. Es ist möglich, Deformationen für mehrere Fahrzeugseiten gemeinsam auszuwerten. Hierbei sollte jedoch unbedingt beachtet werden, dass der EES-Wert für die eingetragenen Deformationen gemeinsam geschätzt wird. Das heißt, Sie sollten nur Deformationen eintragen, die zur zu untersuchenden Kollision gehören. Andernfalls können Sie das Ergebnis verfälschen.  
Der in einer Deformationszone eingegebene Wert entspricht der größten Deformationstiefe in dieser Zone. Dabei wird die Deformationstiefe von der zweidimensionalen Fahrzeugkontur aus gemessen. Diese Deformationstiefe wird dann in der Mitte der Deformationszone auf das EES-Modell übertragen. Um einen stetigen Übergang zwischen Deformationszonen zu gewährleisten, werden die Deformationen zwischen den Mittelpunkten der Deformationszonen bilinear interpoliert. Beispielsweise wird die Deformationstiefe der Zone C1 = 30 cm bis zur Deformationstiefe der daneben liegenden Zone C2 = 0 cm interpoliert. Die Deformationstiefe nimmt daher vom Mittelpunkt der Zone C1 bis zum Mittelpunkt von Zone C2 stetig von 30 cm bis auf 0 cm ab.  
An den Seiten eines Fahrzeuges kann aufgevählt werden, ob der seitliche Schweller, die obere und die untere B-Säule deformiert sind. Diese Variablen sorgen für den Erhalt der Strukturen trotz der Interpolationsvorschrift für Deformationen.  
Mit der Schaltfläche 'Deformationen zurücksetzen' werden alle eingegebenen Deformationen gelöscht.

Das obenstehende Bild zeigt die Deformationszonen. Die folgende Auflistung beschreibt die Positionen am Fahrzeug, welche die Deformationszonen definieren

X1 - Fahrzeugfront	Y1 - Fahrerseite	Z1 - Unterboden
X2 - Beginn A-Säule	Y2 - Mitte zwischen Y1 und Y3	Z2 - Oberkante Stoßfänger
X3 - Ende A-Säule	Y3 - Fahrzeugmitte	Z3 - Unterkante Front-/Heckscheibe
X4 - Mitte B-Säule	Y4 - Mitte zwischen Y3 und Y5	Z4 - Dach
X5 - Beginn C-Säule (3-Türer) oder Ende der hinteren Tür (5-Türer)	Y5 - Beifahrerseite	Z5 - Unterkante Schweller
X6 - Fahrzeugheck		Z6 - Oberkante Schweller
		Z7 - Mitte der Tür
		Z8 - Türoberkante/Fensterkante
		Z9 - Dach

**Aktualisierung**  
Der Aktualisierungsprozess der dreidimensionalen Darstellung benötigt nur wenige Sekunden, führt aber zu großen Verzögerungen bei der Eingabe der Deformationen. Um die Dauer der Eingabe zu verkürzen, werden die eingegebenen Deformationen nicht sofort aktualisiert. Erst, wenn eine kurze Zeit lang keine Eingaben erfolgt sind, wird die dreidimensionale Darstellung aktualisiert. Das verkürzt die zur Eingabe aller Deformationen benötigte Zeit enorm.  
Die Zeitspanne, die zwischen der Eingabe und der Aktualisierung vergeht, kann in den Einstellungen ('Deformations-Aktualisierungs-Wartezeit') verändert werden. Nach einem Neustart des Programms sind die geänderten Einstellungen gültig.

Stelle sei nur auf die Einheit der Deformationen, in Zentimetern, verwiesen. Nach der Eingabe der Deformationen sind alle notwendigen Informationen zur Berechnung eines EES-Wertes vorhanden. Optional können die eigene fachliche Schätzung eines EES-Wertes sowie Fotos des deformierten Fahrzeuges hochgeladen werden. Die Schätzung des EES-Wertes kann zur Verbesserung der EES-Modelle des Fraunhofer IVI verwendet werden, während die Fotos zu einem späteren Zeitpunkt als Vergleichsfälle ausgegeben werden können. Dies wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

Zusätzlich zu den Erweiterungen der Nutzerführung wurde auch der dreidimensionale Viewer überarbeitet. Im Viewer können Nutzer\*innen nun:

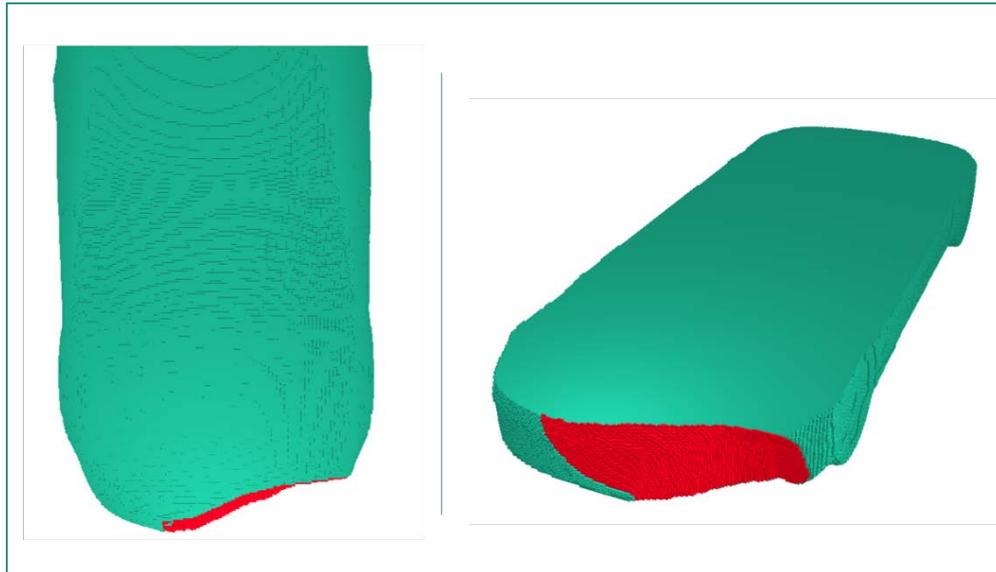
---

Durchführung

---

- einen horizontalen Schnitt des EES-Modells erstellen, um die Sichtbarkeit der Deformationslinie zu erhöhen.
- den Rotationsmittelpunkt aus dem Fahrzeugmittelpunkt heraus verschieben, um den Fokus auf die Front oder auf das Heck des Fahrzeuges zu legen.
- den vertikale Sicht-Winkel auf 90° erhöhen (senkrecht zur Aufstandsfläche des Fahrzeuges), wodurch das Fahrzeug von oben betrachtet werden kann.

Abbildung 2-5 zeigt Anwendungsbeispiele der erweiterten Viewer-Funktionen:



**Abbildung 2-5: Der erweiterte Viewer ermöglicht eine Vielzahl optischer Einstellungsmöglichkeiten**

## 2.2 AP 2.2 EES-Bestimmungstool resultierender EES

Die EES-Modelle liegen dem Fraunhofer IVI als Dateien vor. Dabei ist zwischen zwei Dateitypen zu unterscheiden: \*.eesf-Dateien enthalten das komplette EES-Modell (ees - full), während \*.eess-Dateien nur die Form des Modells ohne EES-Werte enthalten (ees - shape). Grundsätzlich können EES-Werte nur berechnet werden, wenn volle EES-Modelle vorliegen (\*.eesf). Da diese Modelldateien jedoch groß sind und der regelmäßigen Aktualisierung unterliegen, werden zukünftig nur \*.eess-Dateien gemeinsam mit dem Programm ausgeliefert. Somit erfolgt die Darstellung der Deformationen lokal, während die eigentliche Berechnung mittels einer Anfrage an den Fraunhofer-Server gesendet und nach einer Autorisierung dort berechnet wird.

Im Programm sind verschiedene Zustände der Kommunikation mit dem Server möglich, welche im Folgenden vorgestellt werden:

Durchführung

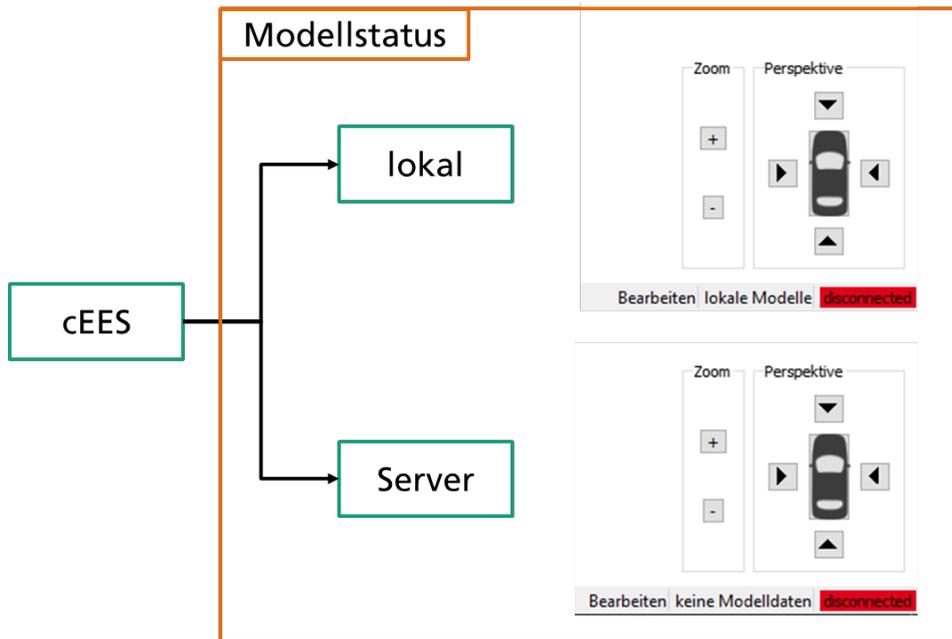


Abbildung 2-6: Modellstatus *calculateEES*

Abbildung 2-6 zeigt die zwei möglichen Zustände in Abhängigkeit des Vorhandenseins von Modelldateien. Wenn lokale Modelldateien gefunden wurden, so wird dies in der Statusleiste (unten am Programmrand) angezeigt. Bei lokalen Modelldateien ist die Berechnung eines EES-Wertes jederzeit auch ohne Internetverbindung möglich.

Liegen keine lokalen Modelle vor, so ist eine Verbindung zum Server nötig. Diese kann mit Hilfe der vom Fraunhofer IVI erzeugten und personalisierten Zugangsdaten aufgebaut werden.

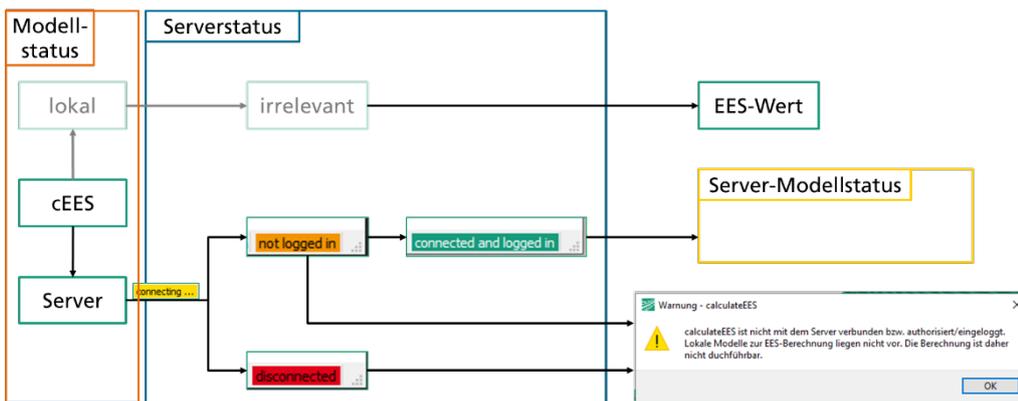


Abbildung 2-7: Serverstatus *calculateEES*

Wie in Abbildung 2-7 abgebildet, können verschiedene Zustände erreicht werden. Wenn keine Verbindung zum Server aufgebaut werden kann, so ist auch keine Berechnung möglich. Wenn der Server erreicht wird, so tritt der Zustand „not logged in“ ein. Bei gültigen Zugangsdaten wird der Status nach kurzer Zeit zu „connected and logged in“ verändert. In diesem Status ist die Verbindung erfolgreich und ermöglicht die Kommunikation, inwiefern der Server volle EES-Modelle vorliegen hat. Liegen dem Server keine Modelle vor, so wird im Programm eine Information ausgegeben. Kann der Server aber auf volle EES-Modelle zugreifen, so können Nutzer\*innen eine Berechnung anfordern. Die dazu erforderlichen Daten überträgt *calculateEES* an den

Server, woraufhin dieser den zu den Deformationen gehörenden EES-Wert berechnet. Dieser EES-Wert wird anschließend zurückgesendet und in *calculateEES* dargestellt. Somit können auch ohne lokal vorliegende EES-Modelle Ergebnisse berechnet werden.

Durchführung

Um die Ergebnisse auch nach Schließen des Programms ansehen zu können werden die Ergebnisse in einer PDF-Datei gespeichert. Diese Datei wird direkt aus *calculateEES* heraus erzeugt und beinhaltet folgende Ergebnisse:

- Deckblatt mit Programmversion, Datum, objektiver EES inklusive Unsicherheit sowie Informationen zur Person, für die die Ergebnisse bestimmt sind. Eine Weitergabe oder weitere Verwendung der Ergebnisse ist nur nach eigener Plausibilisierung der Ergebnisse erlaubt.
- Übersicht über die eingegebenen Deformationen
- Abbildung des deformierten, dreidimensionalen EES-Modells
- Optionale Abbildungen der anonymisierten und hochgeladenen Fotos.

Eine Übersicht über eine beispielhaft erzeugte Ergebnis-Datei kann Abbildung 2-8 entnommen werden.



**Abbildung 2-8: Übersicht über eine beispielhaft erzeugte Ergebnis-PDF-Datei.**

## 2.3 AP 2.3 Konzept und Tool zum Einspielen einzelner Deformationsdaten durch Gutachter und Unfallforscher

Durchführung

Die folgende Abbildung 2-9 zeigt schematisch, welche Daten zwischen *calculateEES* und dem EES-Server ausgetauscht werden.

Die Basisfunktion, also die Berechnung eines objektiven EES-Wertes, erfolgt durch die Angabe eines Fahrzeugtyps, einer Stoßrichtung sowie der gemessenen Deformationen. Diese Informationen werden von Nutzer\*innen eingetragen und zur Berechnung an den EES-Server übertragen. Dieser nutzt die vorhandenen EES-Modelle, um die objektive EES anhand der Deformationen zu berechnen.

Zu den optionalen Funktionen zählen der Upload anonymisierter Fotos sowie die Angabe einer eigenen, ernsthaften EES-Schätzung. Beides wird vorerst nur auf dem EES-Server gespeichert. Während die EES-Schätzung zukünftig die Erweiterung der Datenbasis ermöglicht, bauen die Fotos eine Vergleichsdatenbank auf. Diese Vergleichsdatenbank kann zukünftig genutzt werden, um vergleichbare Fälle zum eigenen, untersuchten Fall vorzuschlagen und auszugeben.

Die Eingabe der Deformationen sowie der Upload anonymisierter Fotos werden im Folgenden näher beschrieben.

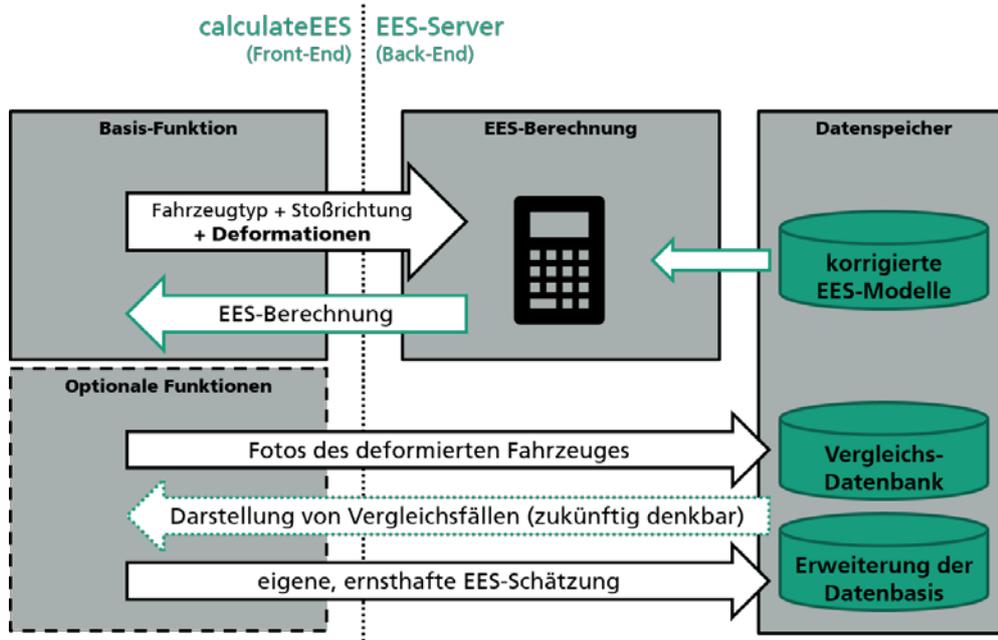


Abbildung 2-9: Schema der Datenübertragung zwischen *calculateEES* und dem Fraunhofer EES-Server

### 2.3.1 Eingabe der Deformationen

Durchführung

Das Konzept der Eingabe der Deformationen basiert im Wesentlichen auf den in GIDAS verwendeten Deformationszonen. Jede Fahrzeugseite (Front, linke Seite, rechte Seite, Heck) wird in Deformationszonen geteilt, wie in Abbildung 2-10 beispielhaft für die Linke Seite dargestellt.

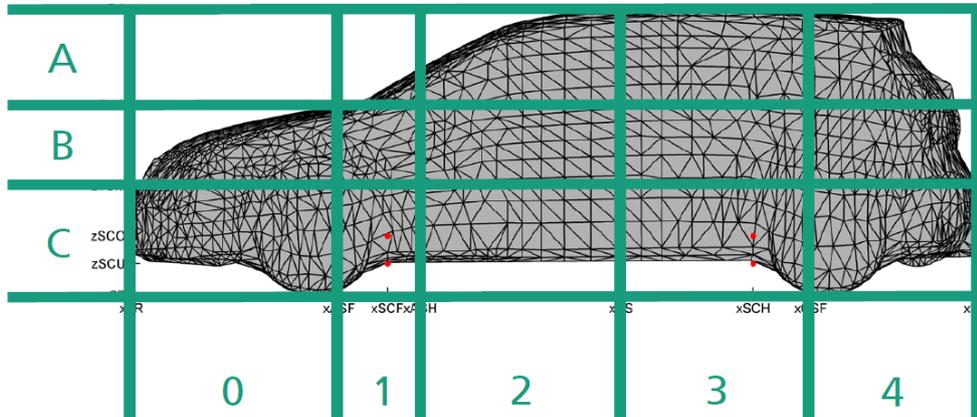


Abbildung 2-10:  
Deformationszonen

Für jede Deformationszone kann der Wert der tiefsten Deformation in Zentimetern eingegeben werden. Dieser Wert wird dann in der Mitte der Deformationszone auf das EES-Modell übertragen. Hierbei wird das Deformationsraster bestehend aus den Deformationszonen auf das EES-Modell projiziert, wie in Abbildung 2-11 zu sehen ist.

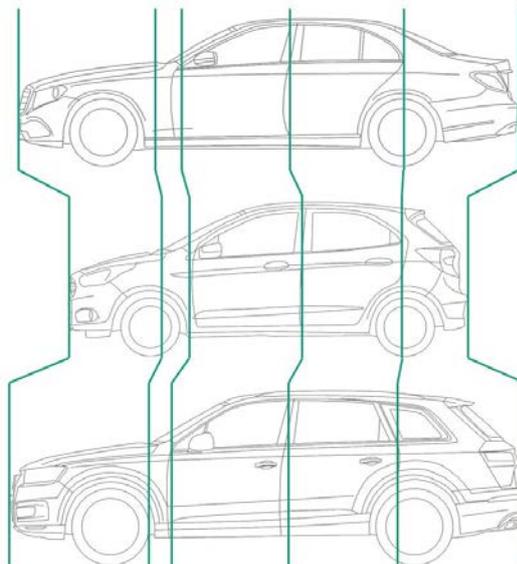
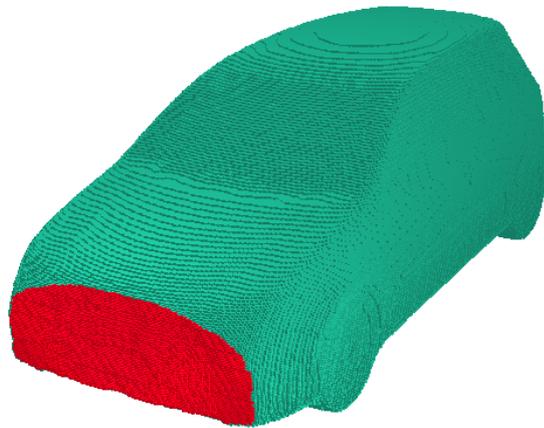


Abbildung 2-11: Skalierung der  
Deformationszonen Schema

Anschließend werden die Deformationen des EES-Modells zwischen den Stützstellen (Mittelpunkte der Deformationszonen) bilinear interpoliert. So wird ein stetiger Übergang der Deformationstiefen geschaffen. Die dabei als deformiert markierten Voxel werden in der dreidimensionalen Darstellung rot abgebildet (siehe Abbildung 2-12).

Durchführung



**Abbildung 2-12: deformiertes EES-Modell**

Das Eingabefeld der Deformationen enthält einen Reiter je Fahrzeugseite und pro Reiter eine Übersicht der verfügbaren Deformationszonen. Das Eingabefeld für die linke Seite ist in Abbildung 2-13 dargestellt. Die rechte Seite ist analog aufgebaut, während Front und Heck ein geringfügig kleineres Deformationsraster aufweisen.

	0 - Front	1	2	3	4 - Heck
A - oben					
B					
C - unten					

Schweller intakt     
  B-Säule oben intakt     
  B-Säule unten intakt

**Abbildung 2-13: Eingabefeld für die Deformationen**

Die von Gutachtern und Unfallforschern hochgeladenen eigenen EES-Schätzungen sowie Fotos werden gemeinsam mit den Deformationen auf dem Fraunhofer Server abgespeichert. Dabei erfolgt keine Speicherung personenbezogener Daten, sondern ausschließlich eine anonyme Datenablage.

### 2.3.2 Upload einer eigenen EES-Schätzung

Durchführung

Das Programm *calculateEES* bietet die Möglichkeit, eine eigene EES-Schätzung zu den Deformationen anzugeben (Schritt 3 aus Abbildung 2-1). Diese Schätzung soll ernsthaft und fachlich korrekt erfolgen. Im Programm sind entsprechende Hinweise hinterlegt. Die Schätzung dient einerseits der Erweiterung der Datenbasis der EES-Modelle und andererseits der Identifikation von Modellgrenzen oder Sonderfällen.

### 2.3.3 Upload anonymisierter Fotos

Der Upload anonymisierter Fotos entspricht Schritt 4 aus Abbildung 2-1. Die Nutzer\*innen sollen das deformierte Fahrzeug anhand möglichst weniger Fotos dokumentieren. Eine Kombination mehrerer Schaltflächen ermöglicht die Auswahl der Richtung, aus der das Foto aufgenommen wurde (siehe Abbildung 2-14). Pro Schaltfläche kann ein Foto hochgeladen werden. Die dunkelgrüne Schaltfläche zeigt dabei an, dass für diese Richtung bereits ein Foto ausgewählt wurde.

Abbildung 2-14: Anhand verschiedener Schaltflächen kann die Richtung ausgewählt werden, aus der ein Foto aufgenommen wurde.

Durch Klick auf eine der Richtungsschaltflächen kann eine Foto-Datei ausgewählt werden. Diese wird in *calculateEES* eingelesen und im integrierten Anonymisierungs-Werkzeug geöffnet. Dieses Werkzeug wird verwendet, um die Fotos vor dem Upload zu anonymisieren (siehe Abbildung 2-15). So wird sichergestellt, dass keine personenbezogenen Daten auf dem EES-Server ankommen.

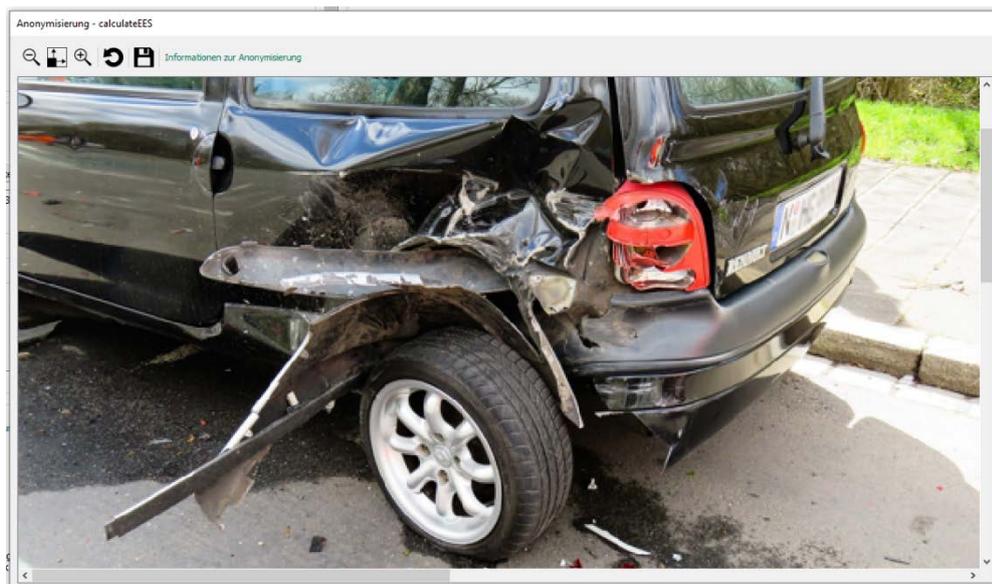
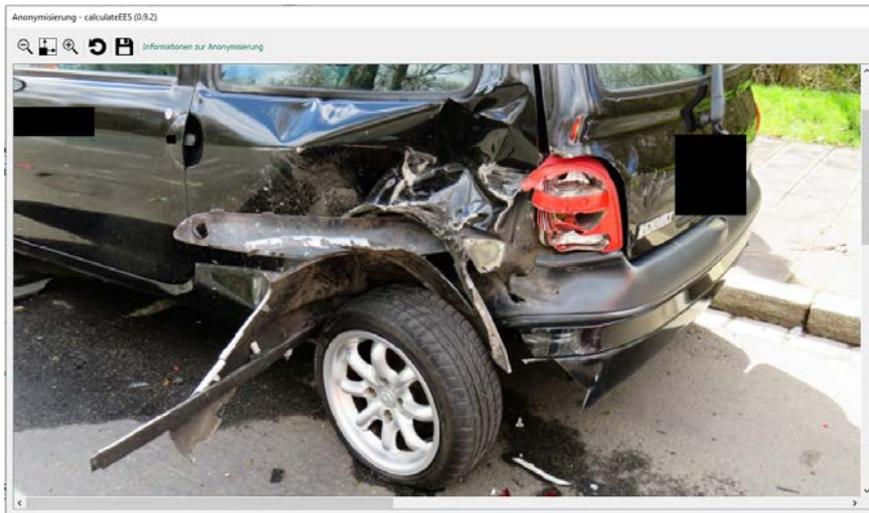


Abbildung 2-15: *calculateEES* beinhaltet ein Werkzeug zum Anonymisieren von Fotos. [Quelle: pixabay]

Mit der linken Maustaste können Rechtecke zum Schwärzen personenbezogener Daten erstellt werden. Ein Informationsfenster gibt Hinweise, was anonymisiert werden sollte und worauf bei der Anonymisierung besonders zu achten ist. Auch ein Beispiel ist im Informationsfenster enthalten.

Nach dem Schwärzen aller nötigen Bereiche kann das anonymisierte Bild gespeichert werden (siehe Abbildung 2-16). Im anschließenden Verlauf der Fallbearbeitung wird nur die temporär lokal erzeugte, anonymisierte Kopie des ursprünglichen Fotos verwendet. Das führt dazu, dass auch EXIF-Bildinformationen anonymisiert sind. Das temporär gespeicherte Bild enthält keinerlei Informationen über Ort, Kamera oder Uhrzeit des ursprünglichen Fotos.

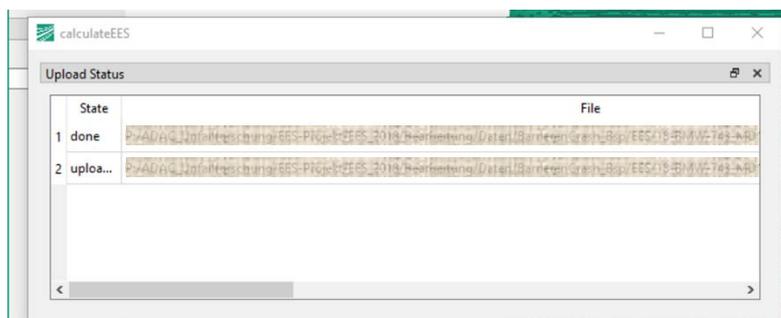


**Abbildung 2-16: Mit Hilfe von Rechtecken werden personenbezogene Bildinformationen geschwärzt.**

Nach dem Speichern des anonymisierten Fotos schließt sich das Anonymisierungswerkzeug automatisch.

Unterhalb der Schaltflächen zur Bildauswahl muss vor Absenden der Berechnungsanfrage bestätigt werden, dass die Fotos anonymisiert wurden und die Bildrechte an den ausgewählten Fotos vorliegen. Wird dies nicht bestätigt, so erscheint vor Absenden der Berechnungsfrage eine Warnung, ob ohne Bestätigung fortgefahren werden soll. Wird ohne Bestätigung fortgefahren, so wird die Berechnungsanfrage an den Server gesendet, aber es werden zu keinem Zeitpunkt Fotos hochgeladen. Nur bei Bestätigung der Anonymisierung und der Bildrechte werden die anonymisierten Fotos an den Server gesendet.

Nachdem die Berechnungsantwort des Servers eingetroffen ist, übermittelt *calculateEES* die ausgewählten anonymisierten Bilder bei bestätigten Bildrechten an den Server. Eine tabellarische Übersicht der hochzuladenden Bilder, kombiniert mit dem aktuellen Status, informiert über den Fortschritt des Uploads. Abbildung 2-17 zeigt ein Beispiel einer tabellarischen Übersicht anonymisierter Bilder. Diese Übersicht schließt sich eine Sekunde nach Fertigstellung des Uploads automatisch.



**Abbildung 2-17: Beispiel einer tabellarischen Übersicht zum Upload anonymisierter Fotos.**

Damit ist die Bearbeitung eines Falls abgeschlossen und die Speicherung einer Ergebnis-PDF (siehe Abbildung 2-8) kann erfolgen.

## 2.4 AP 2.4 Möglichkeiten zur Überprüfung einzelner Deformationsbereiche

Bei der Berechnung eines EES-Werts in *calculateEES* werden alle eingegebenen und dargestellten Deformationen berücksichtigt. Durch die Unterteilung der Deformationseingabe in die vier Seiten eines Fahrzeuges können jedoch auch einzelne Deformationsbereiche auf ihre EES hin untersucht werden. Nutzer\*innen müssen lediglich die zu analysierenden Deformationen eintragen, woraufhin die EES für diese separierten Deformationen berechnet wird.

Andersherum müssen Nutzer\*innen die Deformationen bewusst eintragen. Nur wenn alle eingetragenen Deformationen aus der zu untersuchenden Kollision resultieren, kann die berechnete EES sich dem realen Wert annähern. Werden beispielsweise bei einer Heckkollision mit anschließender Frontalkollision mit einem weiteren Fahrzeug alle Deformationen von Front und Heck eingetragen, so wird der EES-Wert für die gesamten Deformationen berechnet. Der EES-Wert ist somit nicht mehr auf eine einzelne Kollision (Front oder Heck) rückführbar.

## 2.5 AP 2.5 Test des EES-Tools und Identifikation von Sonderfällen/Systemgrenzen

Um *calculateEES* vor dem Release zu testen und Systemgrenzen sowie Sonderfälle zu identifizieren, wurde die Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH (VUFO) mit 300 Testfällen beauftragt.

Die VUFO nutzt *calculateEES*, um die EES für aktuell rekonstruierte Verkehrsunfälle zu berechnen. Bei einem von der VUFO dokumentierten Verkehrsunfall werden die Deformationen der beteiligten Fahrzeuge vermessen. In der anschließenden Rekonstruktion wird der Verkehrsunfall nachvollzogen und unter anderem auch ein EES-Wert geschätzt. Sowohl die Deformationen als auch die subjektive EES-Schätzung der VUFO werden in *calculateEES* eingegeben. Anhand der Deformationen wird durch den Fraunhofer-Server eine objektive EES berechnet und ausgegeben. Die subjektive EES-Schätzung wird an den Fraunhofer-Server übertragen und zum Aufbau einer Vergleichsdatenbank sowie zur Erweiterung der bisherigen Datenbasis genutzt. Während des Projektes übermittelte die VUFO etwa 300 Fälle an den EES-Server und sammelte Feedback sowie Verbesserungsvorschläge. Dabei wurden ausnahmslos kleinere Unstimmigkeiten in der Nutzerführung identifiziert und anschließend behoben. Es traten im Rahmen der Beauftragung keine Sonderfälle oder Systemgrenzen auf.

## 2.6 AP 2.6 Konzept zur Distribution

Das Konzept der Distribution sieht vor, das Programm *calculateEES* im Rahmen einer Testphase durch das Fraunhofer IVI bereitzustellen. Dadurch kann das Institut den Registrierungsprozess, die Versionskontrolle sowie den Support umsetzen. Ein Link, über den das Programm vom in der aktuellen Version angefordert werden kann, soll dann über verschiedene Kanäle verteilt werden. Das Fraunhofer IVI stellt zu diesem Zweck eine eigene Projekt-Website zur Verfügung, welche auch nach Projektende weiter bestehen wird.

Das Programm *calculateEES* wurde erstmals auf dem Symposium für Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr 2021 (UFO) gezeigt und veröffentlicht. Gemeinsam mit der ADAC Stiftung und Euro NCAP wurde der Link zur Fraunhofer-Website über LinkedIn geteilt und beworben. Zusätzlich dazu ist *calculateEES* Teil einer dreiteiligen Artikelserie, die zwischen September und November 2021 in der Zeitschrift *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* (VKU) veröffentlicht wurde. Mit Hilfe der Veröffentlichung in der VKU wurden vor allem Sachverständige angesprochen, die bislang auch die größte Zielgruppe des Programms darstellen.

Interessierte Nutzer\*innen können sich über die Website direkt mit dem Fraunhofer IVI in Verbindung setzen und Zugangsdaten anfordern. Nach der Unterzeichnung eines Kooperationsvertrages werden die personalisierten Zugangsdaten sowie der Downloadlink bereitgestellt. Der Kooperationsvertrag regelt hierbei die wesentlichen Grundzüge zur Nutzung der Ergebnisse und der damit einhergehenden Haftung. Die Zugangsdaten berechtigen zum Aufbau einer Serververbindung und damit zur Berechnung von objektiven EES-Werten.

## 2.7 AP 2.7 Test aller Tools auf der Euro NCAP Website

Nachdem die ADAC Stiftung und Euro NCAP auf das Programm *calculateEES* verwiesen hatten und das Programm auf dem UFO-Symposium erfolgreich vorgestellt wurde, begann die halbjährige Testphase. Innerhalb der sechs Monate gingen insgesamt 60 Registrierungsanfragen ein. Dabei stammen die Anfragen hauptsächlich aus Deutschland, jedoch unter anderem auch aus Österreich, Schweiz, Polen, den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien, Brasilien und den Philippinen. Von 60 Registrierungsanfragen gingen 24 unterzeichnete Kooperationsverträge ein, welche fast ausschließlich von deutschen Sachverständigen stammen. Das größte Hindernis für den erfolgreichen Registrierungsprozess ist damit die Unterzeichnung des Kooperationsvertrages.

Im Rahmen der Testphase traten lediglich vereinzelt Verbindungsprobleme zwischen dem Netzwerk der Nutzer\*innen auf, welche in jedem Fall auf Eigenheiten des Netzwerkes der Nutzer\*innen zurückzuführen waren. In einem Fall wurde ein fehlerhaftes Verhalten beim Upload von Bildern aus einem geteilten Ordner (wie bspw. Dropbox oder OneDrive) entdeckt, das für folgende Programmversionen behoben wurde.

Durch den Austausch mit den Teilnehmer\*innen der Testphase konnten sowohl skeptische, als auch sehr positive Rückmeldungen erfasst werden. Der Großteil der Teilnehmer\*innen war jedoch sehr an der Methode und am weiteren Fortbestehen des Programms interessiert.

Da die Fraunhofer-Gesellschaft keine Software als Service anbieten darf, endet die Testphase mit Ende des Projektes. Jedoch ist es das Ziel aller Projektbeteiligten, das Programm auch weiterhin der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Im Laufe des Projektes wurden verschiedene Kooperationen besprochen, jedoch bislang nicht beschlossen. Da die Zielstellung des Fraunhofer IVI nicht die Erwirtschaftung von Gewinn ist, müssen lediglich die Betriebskosten des Programms (Serverkosten, Nutzerverwaltung) umgesetzt werden. Mit zusätzlichem Budget zur Weiterentwicklung von *calculateEES* könnten weitere Funktionen, wie beispielweise die Ausgabe von Vergleichsfällen, implementiert werden. Auch nach Projektende wird das Fraunhofer IVI aktiv nach einer Möglichkeit zum Weiterbetrieb des Programms suchen.

Im Rahmen der zweiten Projektphase wurde ein Programm zur objektiven Bestimmung von EES-Werten anhand von Deformationen an Pkw entwickelt. Das Programm *calculateEES* baut eine Server-Verbindung auf, wodurch aktuelle EES-Modelle zur Verfügung stehen und damit optimale Berechnungsergebnisse sichergestellt sind. Durch umfassende Öffentlichkeitsarbeit und mehrere Veröffentlichungen konnte die Wahrnehmung von Sachverständigen sowie von Unfallforscher\*innen auf das neuartige Programm gelenkt werden. Dadurch gingen während der halbjährigen Testphase des Programms insgesamt 60 Anfragen aus neun verschiedenen Ländern ein, von denen 24 Anfragende zur Unterzeichnung des notwendigen Kooperationsvertrages bereit waren. Damit identifiziert sich der Kooperationsvertrag als größtes Hindernis bei der Verbreitung von *calculateEES*.

Auch nach Abschluss des Testphase soll das Programm weiterhin verfügbar sein. Leider kann aufgrund fehlender Kooperationspartner bislang kein lückenloser Übergang gewährleistet werden. Das erklärte Ziel der Projektmitarbeiter des Fraunhofer IVI ist jedoch, das Programm auch weiterhin, im Idealfall kostenfrei, zur Verfügung zu stellen. Auch sind zukünftig verschiedene Weiterentwicklungen von *calculateEES* denkbar. Dazu zählt die Verwendung der EES-Schätzungen der Nutzer\*innen für die Verbesserung der EES-Modelle sowie die Entwicklung einer Vergleichsdatenbank mit der Möglichkeit der Ausgabe von Deformationen, EES-Werten und Fotos der deformierten Fahrzeuge.