

PROJEKT FAHRZEUGSICHERHEIT

WINTERSEMESTER 2012/13



Auffahrunfall auf einen BE-Zug

PROJEKTARBEIT

Auffahrunfall auf einen BE-Zug

an der

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT BERLIN

im Studiengang

Fahrzeugtechnik (M)

Projektleiter : Prof. Dipl.-Ing. Hanns-Lüdecke Rodewald

Masterstudenten :	Peter Dietze	519400
	Abdelyllah El Joraani	519112
	Oliver Haertel	527441
	Jan Leddin	527260
	Steven Leszinski	523214
	Robert Neumann	520098
	Rick Riesner	514164
	Ronny Trispel	528466
	Skender Jens Volquardsen	541250
	Tim Weidke	541814
Tim Wulfers	541064	

Abgabetermin : 21.03.2013

Aufgabenstellung

In Absprache mit dem TÜV Rheinland soll ein Crashtest auf der Craschanlage der Technischen Universität (TU) Berlin durchgeführt werden. Dabei wird ein Anhängerschutzsystem, das im Rahmen einer Masterarbeit entwickelt wurde, getestet.

Innerhalb der Lehrveranstaltung „Projekt Sicherheit“ haben die Studierenden die Aufgabe, Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Versuchs zu organisieren und zu bearbeiten. Das Projekt orientiert sich an der Umsetzung eines realen Crashtests.

Die teilnehmenden Studierenden erhalten Einzelaufgaben, die sie selbstständig bearbeiten. Die regelmäßige Absprache zwischen dem Projektleiter Prof. Dipl.-Ing. Hanns Lüdecke Rodewald und den Studierenden verschafft allen Teilnehmern eine aktuelle Übersicht zum Projekt.

Die Ergebnisse der Teilaufgaben werden zum Projektende in einem Abschlussbericht dokumentiert, der dem Projektleiter vorgelegt und dem TÜV Rheinland sowie weiteren Interessenten zur Verfügung gestellt wird.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir allen Beteiligten die zu dem Erfolg dieses Projektes beigetragen haben, unseren Dank aussprechen.

Allen voran beim TÜV Rheinland, speziell bei Herrn Röse, der uns als Hauptauftraggeber diesen Crashtest erst ermöglicht hat. Weiterhin möchten wir dem Förderverein der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW-Berlin) "Gesellschaft der Förderer der Formula Student an der HTW Berlin" unseren großen Dank aussprechen, die den Crashversuch vorfinanziert haben.

Besonderen Dank gilt unserem Projektleiter Prof. Dipl.-Ing. Hanns Lüdecke Rodewald, der uns stets mit kompetenten Ratschlägen, Anregungen und Hilfestellungen während des gesamten Projektes zur Seite stand und damit einen großen Anteil am Erfolg des Projektes trägt.

Weiterhin möchten wir uns bei den Laboringenieuren der HTW-Berlin Herrn Dipl.-Ing. Robert Hauffe und Dipl.-Ing. Ulrich Hanisch für die gute Betreuung und Unterstützung, die Zeit und die Geduld während den Vorbereitungen der Fahrzeuge im Fahrzeugtechniklabor herzlich bedanken.

Des Weiteren bedanken wir uns bei allen Mitarbeitern der TU-Berlin, die mit diesem Projekt vertraut waren, besonders aber bei Herrn Jürgen Glatt von der TU-Berlin, der uns die gesamte Zeit vor Ort mit guten Ideen und Ratschlägen hilfreich unterstützt hat.

Ein großer Dank gilt auch der Firma Thule, die uns die Anhängerkupplung sowie weitere Ersatzteile zur Verfügung gestellt haben.

Dem Premnitzer Autohaus H&H GmbH gilt unser Dank für den großzügigen Nachlass bei der Beschaffung des Versuchsfahrzeugs Ford Mondeo Turnier.

Ein wichtiger Dank gilt auch dem Ingenieurbüro Weyde für die Bereitstellung der Unfalldatenspeicher (UDS) und der verschiedenen Crashtest-Dummies, sowie für die hilfreiche Unterstützung beim Auswerten der UDS-Daten.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XII
Symbolverzeichnis	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Aufbau der Arbeit	1
1.2 Festlegung der Crashesituation	2
2 Öffentlichkeitsarbeit.....	3
2.1 Kontaktaufnahme mit den Medien.....	3
2.2 Kontaktaufnahme mit potenziellen Interessenten.....	5
2.2.1 Thule.....	6
2.2.2 Takata.....	6
2.2.3 Landeskriminalamt.....	6
2.2.4 Fahrlehrerverband	7
2.2.5 TÜV Rheinland Group.....	7
2.2.6 HTW Berlin.....	7
2.2.7 Gesellschaft der Förderer der Formula Student an der HTW Berlin	7
2.2.8 Premnitzer Autohaus H&H GmbH.....	8
2.3 Zusammenfassung.....	8
3 Theoretische Grundlagen.....	9
3.1 Geschichte des Crashtests	9
3.2 Europäisches Crashtest-Verfahren (Euro NCAP)	13
3.2.1 Frontalcrash-Verfahren	15
3.2.2 Seitencrash-Verfahren	16
3.2.3 Pfahlaufprall-Testverfahren.....	17
3.2.4 Heckcrash-Verfahren	17
3.2.5 Andere Crashtest-Programme	18
3.2.6 Weitere Crashtest-Verfahren	19
3.2.7 Auffahrunfall auf ein Anhängergespann.....	19
4 Verwendete Technik für den Crashtest.....	23
4.1 Eingesetztes Kameraequipment.....	23

4.2	Unfalldatenspeicher.....	25
5	Versuchsvorbereitung	30
5.1	Beschaffung der Fahrzeuge	30
5.2	Vorbereitung des Anhängers.....	31
5.3	Vorbereitung der Fahrzeuge	33
5.4	Beschaffung der Dummies	36
5.5	Transport der Crashfahrzeuge zur Crashbahn.....	37
6	Versuchsdurchführung.....	39
6.1	Crashbahn TU-Berlin.....	39
6.2	Vorbereitung der Fahrzeuge auf der Versuchsanlage.....	39
6.3	Kameraeinstellungen.....	44
6.4	Crashdurchführung.....	48
7	Versuchsergebnisse	49
8	Fahrzeugvermessung	51
8.1	Verwendete Messmittel	51
8.2	Verwendete Software	52
8.3	Vermessung der Fahrzeuge vor dem Crash	53
8.4	Vermessung der Fahrzeuge nach dem Crash.....	56
9	Berechnung	58
9.1	Vorberechnung.....	58
9.2	Berechnungen zur Ladungssicherung.....	60
9.3	FEM-Berechnungen	61
10	Versuchsauswertung.....	64
10.1	Auswertung der Kameraaufnahmen.....	64
10.2	Auswertung der Messungen.....	68
10.2.1	Einlesen der Messdaten	68
10.2.2	Vorbereitung der Punktwolken.....	69
10.2.3	Vernetzung der Punktwolken/Flächenmodell.....	70
10.2.4	Vernetzung der Punktwolken/Volumenmodell	71
10.2.5	Flächengenerierung.....	72
10.2.6	Volumengenerierung	73
10.3	Auswertung VW Golf.....	74
10.4	Auswertung Ford Mondeo	77

10.5	Auswertung UDS-Systeme.....	78
11	Zusammenfassung und Fazit	86
12	Literaturverzeichnis	88
13	Anhang	92
A 1	Zeitplan	I
A 2	Protokolle der regelmäßigen Sitzungen	III
A 3	Projektbeschreibung für die Presse.....	VIII
A 4	Skizze der Crashesituation	X
A 5	Fiktive Angebote der Masterstudenten.....	XI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Colonel Stapp auf seinem Raketenschlitten [40]	10
Abb. 3.2: Knautschzone Vorne/Hinten W111 [16]	11
Abb. 3.3: Erster Crashtest bei Mercedes-Benz [17].....	12
Abb. 3.4: Crashtest mit Heißwasserrakete als Antrieb [11].....	12
Abb. 3.5: Euro NCAP Bewertung bis 2009 (Hyundai Accent 1998) [10].....	14
Abb. 3.6: Euro NCAP Bewertung bis 2009 (Fiat Scudo 1998) [10].....	15
Abb. 3.7: Frontalcrash-Verfahren Euro NCAP	16
Abb. 3.8: Seitencrash-Verfahren Euro NCAP (Rechtslenker) [10].....	16
Abb. 3.9: Pfahlcash-Verfahren Euro NCAP (Linkslenker) [44].....	17
Abb. 3.10: Crash-Versuchsprogramm Europa und USA [7].....	18
Abb. 3.11: Anhänger-Zugrohr im Fahrzeugheck[23].....	20
Abb. 3.12: Knickdeichsel [15]	21
Abb. 3.13: Montierte Schutzplatte [23].....	21
Abb. 4.1: High-Speed-Kamera HG-100K mit Objektiven von Redlake [41] [9]	24
Abb. 4.2: Stativ für Hochgeschwindigkeitskamera (li.), Kragarm (re.).....	24
Abb. 4.3: Verwendete Casio Exilim mit High-Speed-Funktion von der HTW [20].....	24
Abb. 4.4: Daten und Beschleunigungsrichtungen die vom UDS erfasst werden [8] .	26
Abb. 4.5: UDS 1.3 – Draufsicht (li.), Anschlussseite (re.) [8]	26
Abb. 4.6: Innerer Aufbau eines UDS 1.3 [8].....	27
Abb. 4.7: UDS 2.0 – Draufsicht (li.), Anschlüsse (re.) [8].....	28
Abb. 4.8: Innerer Aufbau eines UDS 2.0 [8].....	29
Abb. 5.1: Anhänger HTW Labor	30
Abb. 5.2: VW Golf.....	30
Abb. 5.3: Ford Mondeo	31
Abb. 5.4: Befestigung UDS Anhänger	31
Abb. 5.5: Crashplatte – Vorder- und Seitenansicht.....	32
Abb. 5.6: Radlastwaage	32
Abb. 5.7: Anhänger für Crashtest	32

Abb. 5.8: Vorbereitung Lackierung VW Golf (li.), Ford Mondeo lackiert (re.).....	33
Abb. 5.9: Anhängerkupplung VW Golf.....	33
Abb. 5.10: Entsorgung Flüssigkeiten (li.), Befestigung Batterie und UDS	34
Abb. 5.11: Befestigungsplatte (li.), Befestigungsplatte mit UDS verschraubt (re.)....	34
Abb. 5.12: UDS auf dem Mitteltunnel (li.), UDS am Anhänger mit Batteriepack (re.)	35
Abb. 5.13: Externer Geschwindigkeitssensor	36
Abb. 5.14: Crashfahrzeuge VW Golf und Ford Mondeo	36
Abb. 5.15: Transport der Dummies.....	36
Abb. 5.16: Dummies auf Fahrerpositionen	37
Abb. 5.17: Transport der Versuchsfahrzeuge.....	38
Abb. 6.1: Führungsschlitten (li.), Unterboden Ford Mondeo (re.).....	39
Abb. 6.2: Heben des Ford Mondeo auf die Anlage.....	40
Abb. 6.3: Positionieren der Versuchsfahrzeuge.....	40
Abb. 6.4: Gesamtübersicht Versuchsfahrzeuge	41
Abb. 6.5: Position der Laserlichtschranke	41
Abb. 6.6: Dummies der TU Berlin (li.), Bekleiden der Dummies (re.).....	42
Abb. 6.7: Bekleidete Dummies im Fahrschulwagen	42
Abb. 6.8: UDS 2.0 in der Brust des Dummies.....	43
Abb. 6.9: Zentrale Einheit zur Verarbeitung der High-Speed-Aufnahmen	44
Abb. 6.10: Ausrichten der Kameras.....	45
Abb. 6.11: Position der Triggerplatte	46
Abb. 6.12: Position aller eingesetzten Kameras	47
Abb. 7.1: VW Golf nach Crash (li.), Eindringtiefe Deichsel (re.).....	49
Abb. 7.2: Anhängerkupplung nach Crash.....	49
Abb. 7.3: Heck VW Golf (li.), Schutzplatte (re.).....	50
Abb. 7.4: Endlage der Ladung (li.), Spurensicherung (re.)	50
Abb. 8.1: Faro Messarm [24]	51
Abb. 8.2: Punktwolke VW Golf Front	53
Abb. 8.3: Punktwolke VW Golf Heck	55

Abb. 8.4: Ford Mondeo Front.....	55
Abb. 8.5: VW Golf Heck nach Crash	56
Abb. 8.6: Ford Mondeo Front nach Crash	57
Abb. 9.1: Abstand zwischen Anhängerfront und Fahrzeug.....	59
Abb. 9.2: Modellierter Kupplungsträger	62
Abb. 9.3: FEM-Analyse.....	63
Abb. 10.1: Crashbeginn	64
Abb. 10.2: Verformung der Anhängerkupplung setzt ein – 198 ms	65
Abb. 10.3: Lösen des Kupplungsmauls des Anhängers – 208 ms.....	65
Abb. 10.4: Schutzplatte berührt Querträger – 224 ms	66
Abb. 10.5: Bildverlauf 375 ms, 447 ms und 945 ms – linke Perspektive	66
Abb. 10.6: Bildverlauf 375 ms, 447 ms und 945 ms – obere Perspektive.....	66
Abb. 10.7: Position der Ladung 53 ms nach Crashbeginn.....	67
Abb. 10.8: Laufbahn der Ladung	67
Abb. 10.9: Elastischer Rückstoß – Ford Mondeo	68
Abb. 10.10: DSE.....	68
Abb. 10.11: Importieren von .igs- Dateien	69
Abb. 10.12: Entfernen fehlerhafter Messpunkte (li.), Punktwolkeausrichtung (re.) .	69
Abb. 10.13: Netzerzeugung	70
Abb. 10.14: Fehlstellenentfernung (li.), Vernetzung mittels Dreieckserzeugung (re.)	70
Abb. 10.15: Korrigieren der Fahrzeugfront (li.), Bereinigen der Vernetzung (re.)	71
Abb. 10.16: Lücken füllen	71
Abb. 10.17: Vernetzung als Volumen	72
Abb. 10.18: QSR	72
Abb. 10.19: Flächengenerierung	73
Abb. 10.20: Flächenmodelle	73
Abb. 10.21: Volumendefinition.....	74
Abb. 10.22: Verformung VW Golf	74
Abb. 10.23: Mittlerer Deformationsweg Front (li.), Durchbiegung Querträger (re.) ...	75

Abb. 10.24: Längenänderung Querträger	75
Abb. 10.25: Verschnitt Fahrzeugfront	76
Abb. 10.26: Deformationsvolumina	76
Abb. 10.27: Deformationsvolumen Heck	77
Abb. 10.28: Verformung Ford Mondeo	77
Abb. 10.29: Deformationsweg Ford Mondeo	77
Abb. 10.30: Ford Mondeo – Längs- und Querbeschleunigungen	78
Abb. 10.31: Ford Mondeo – Geschwindigkeitsverlauf gesamt und Crash im Detail .	79
Abb. 10.32: VW Golf – Längs- und Querbeschleunigungen	80
Abb. 10.33: VW Golf – Geschwindigkeitsverlauf	80
Abb. 10.34: Anhänger – Längs- und Querbeschleunigungen	81
Abb. 10.35: Anhänger – Geschwindigkeitsverlauf	81
Abb. 10.36: Endstellung der Fahrzeuge	82
Abb. 10.37: Dummy Ford Mondeo – Längs- und Querbeschleunigungen	83
Abb. 10.38: UDS-Auswertung – Ford Mondeo	84
Abb. 10.39: UDS-Auswertung – Anhänger	84
Abb. 10.40: UDS-Auswertung – VW Golf	85

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club e.V.
AMZ	Auto-Motor-Zubehör
ATZ	Automobiltechnische Zeitschrift
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
DSE	Digitized Shape Editor
EEVC	European Enhanced Vehicle-safety Committee
ESV	Experimental Safety Vehicles
Euro-NCAP	European New Car Assessment Program

HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
LKA	Landeskriminalamt
MAZ	Märkische Allgemeine
PKW	Personenkraftwagen
QSR	Quick Surface Reconstruction
rbb	Rundfunk Berlin-Brandenburg
s.	siehe
Tab.	Tabelle
TU	Technische Universität
UDS	Unfalldatenschreiber
VKU	Fachmagazin für Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik
VW	Volkswagen

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Kontaktaufnahme mit den Medien <wird fortgesetzt>.....	3
Tab. 9.1: Massen und Anfangsgeschwindigkeit.....	58

Symbolverzeichnis

<i>Symbol</i>	<i>Einheit</i>	Definition
a	m/s ²	Beschleunigung
E	J	Energie
F	N	Kraft
g	m/s ²	Erbeschleunigung
m	kg	Masse
s	m	Weg
t	s	Zeit
v	km/h	Geschwindigkeit

1 Einleitung

Jedes Jahr findet im Rahmen der Lehrveranstaltung „Projekt Sicherheit“ im Masterstudiengang Fahrzeugtechnik ein Crashversuch statt. Unter der Leitung von Prof. Hanns-Lüdecke Rodewald wird hierbei seit mehreren Jahren verstärkt das Crashverhalten eines BE-Zugs (PKW mit 800 kg schweren Anhänger) untersucht. Hauptaugenmerk liegt auf dem Eindringen der Anhängerdeichsel, da dies zu schwersten Verletzungen der auf der Rückbank befindlichen Person führen kann. Nach ersten Versuchen, welche die Gefahr des Eindringens klar darlegten, wurden unterschiedliche Lösungsansätze erdacht, realisiert und in einem Test überprüft. Der am 07. Dezember 2012 durchgeführte Crashversuch soll die Wirksamkeit einer Schutzplatte an der Anhängerdeichsel überprüfen. Diese Platte wurde von einem Studenten der HTW-Berlin entwickelt und konnte in einem ersten Testlauf im Jahr 2011 nicht das gewünschte Ergebnis erzielen. Aus diesem Grund wurde die Schutzplatte überarbeitet und erneut getestet. Simuliert werden sollte ein Auffahrunfall an einer Kreuzung mit 50 km/h. Unterstützt wurde die HTW hierbei von der TÜV Rheinland Group, Thule, der TU Berlin, dem Ingenieurbüro Weyde und der Unfallanalyse Berlin.

1.1 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in elf Kapitel unterteilt, deren Gestaltung sich an der Aufgabenverteilung von den Projektteilnehmern orientiert.

Der Projektstrukturplan und die Erstellung eines Zeitplans (s. **A1**) wurden von Herrn Rick Riesner bearbeitet. Außerdem hat er in Zusammenarbeit mit Herrn Tim Wulfers die laufende Dokumentation für das Projekt übernommen. Die Protokolle der regelmäßigen Projektsitzungen sind im Anhang unter **A2** aufgelistet.

Herr Peter Dietze hat den Kontakt zur TÜV Rheinland Group, zur TU Berlin, zur Presse und zu potentiellen Interessenten aufgenommen. Die Dokumentation ist in **Kapitel 2** aufgeführt.

Die Grundsätze der Fahrzeugversuch- und Crashtechnik wurden von Herrn Steven Leszinski analysiert und in den theoretischen Grundlagen in **Kapitel 3** zusammengefasst.

Herr Oliver Härtel übernahm die Verwaltung der Messtechnik während des Crash-tests, die aus Kameratechnik und UDS bestand. Seine Ausführungen sind in den **Kapiteln 4, 6.2, 6.3** und **10.5** beschrieben.

Die Fahrzeugbeschaffung und -vorbereitung sowie die Organisation und Durchführung der Transporte übernahmen die Herren Jan Leddin und Ronny Trispel. Die Dokumentation ist in den **Kapiteln 5** und **6.2** nachzulesen.

Für die Vermessung der Fahrzeuge vor und nach dem Crash waren die Herren Skender Volquardsen und Tim Weidke zuständig. Die Vermessung ist in **Kapitel 8** beschrieben und die Auswertung in den **Kapiteln 10.2 – 10.4**.

Die Berechnung der Kraffteinleitung in die Versuchsfahrzeuge wurde von den Herren Abdelyllah El Joraani und Robert Neumann durchgeführt. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sind in **Kapitel 9** beschrieben.

Herr Tim Wulfers übernahm die Gesamtauswertung und die Berichterstellung. Die Ausführungen zur Gesamtauswertung sind in den **Kapiteln 7, 10.1** und **11** nachzulesen.

1.2 Festlegung der Crashesituation

Ein Volkswagen (VW) Golf III wird in einem Abstand von 0,5 m vor der Aufprallwand gestellt. An dem VW Golf ist ein etwa 800 kg schwerer Anhänger angehängen. Das Gewicht des Anhängers setzt sich aus dem Eigengewicht des Anhängers und mehreren Metallteilen in dem Anhänger zusammen. Die Metallteile werden mit Spanngurten gesichert. Die Sicherung erfolgt bewusst nicht nach Vorschrift, sondern in der Art, wie es in der Realität häufig vorkommt. Auf dieses Gespann fährt ein Ford Mondeo Kombi mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h auf. Dabei soll das Eindringverhalten der Anhängerdeichsel, welches durch die Schutzplatte positiv verändert werden soll, überprüft werden. Ebenso wird die Wertigkeit der Ladungssicherung überprüft.

2 Öffentlichkeitsarbeit

Als Verantwortlicher der Öffentlichkeitsarbeit sollten Kontakte zu Vertretern der Medien, interessierten Verbänden sowie potenziellen Interessenten hergestellt werden. Je nach Art des Kontaktes wurde anschließend ein anderes primäres Ziel verfolgt. Mit Hilfe der Medienkontakte wurden Berichte in Zeitschriften und Zeitungen organisiert. Die Kontakte der Verbände können für die Vermarktung genutzt werden und potenzielle Interessenten wurden für die technische Umsetzung sowie für die Erweiterung der Untersuchungen nach dem Crash benötigt. Der Großteil der Kontaktanfragen ging an unterschiedliche Medien, um eine öffentlichkeitswirksame Berichterstattung zu gewährleisten. Über den Erfolg der Öffentlichkeitsarbeit wird in den nächsten Abschnitten berichtet.

2.1 Kontaktaufnahme mit den Medien

Die folgende Tabelle zeigt mit welchen Medien Kontakt aufgenommen wurde und ob eine Reaktion erfolgte.

Tab. 2.1: Kontaktaufnahme mit den Medien <wird fortgesetzt>

Medium	Kontaktaufnahme	Antwort	Ergebnis
Auto Bild	15.10.2012	Nein	
ATZ	17.10.2012	17.10.2012	Artikel in der VKU oder ATZ
Auto Straßenverkehr	17.10.2012	Nein	
AMZ	17.10.2012	26.10.2012	Artikel zur Verfügung stellen
Auto Fachmann	17.10.2012	Nein	
Automobil Industrie	17.10.2012	Nein	
Magazin freie Werkstatt	17.10.2012	Nein	
Wohnmobil und Reisen	17.10.2012	Nein	
Autoflotte	17.10.2012	Nein	
DVZ	17.10.2012	Nein	

Tab. 2.1: Kontaktaufnahme mit den Medien <fortgesetzt>

Verkehrsrundschau	17.10.2012	Nein	
MOZ	22.10.2012	Nein	
rbb	22.10.2012	22.10.2012	über eine Ausstrahlung bei zibb wird beraten
MAZ*	29.11.2012	29.11.2012	Interesse an einer Berichterstattung
Preussenspiegel*	29.11.2012	29.11.2012	Interesse an einer Berichterstattung
Berliner Fahrlehrerzeitschrift	07.12.2012	07.12.2012	Artikel in der Berliner Fahrlehrerzeitschrift
Zeitschrift Fahrschule	07.12.2012	07.12.2012	Artikel in der Zeitschrift Fahrschule

* Kontaktaufnahme durch den Projektteilnehmer Jan Leddin

Wie aus der Tabelle zu entnehmen, haben sieben der siebzehn kontaktierten Medien Interesse gezeigt. Leider haben die restlichen zehn Medienvertreter auch keinerlei Absagen oder ähnliches geschickt. Bei vier der fünf Kontakte entstand dann die Möglichkeit einen Beitrag einzureichen oder einen Artikel verfassen zu lassen. Lediglich der Rundfunk Berlin Brandenburg (rbb) hat sich nach dem ersten Bekunden von Interesse nicht erneut gemeldet. Dies ist insbesondere deswegen so schade, da es sich hierbei um eine Videoreportage gehandelt hätte. Das nächste Projektteam sollte auf jeden Fall erneut den Kontakt zum rbb suchen.

Als wichtigster Medienkontakt gilt die Möglichkeit im Fachmagazin für Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik (VKU) oder der Automobiltechnischen Zeitschrift (ATZ) einen Artikel zu veröffentlichen. Beide Zeitschriften haben unabhängig voneinander die Möglichkeit geboten Artikel für sie zu verfassen. Aufgrund der begrenzten Zeit und des enormen Aufwandes für solch einen Artikel musste sich das Projektteam für eine der beiden Zeitschriften entscheiden. Für die ATZ sprach die hohe Auflage und der daraus resultierende hohe Bekanntheitsgrad. Vorteil der VKU war die zu erwartende Leserschaft. Diese besteht, im Gegensatz zu der vornehmlich aus Konstruktions- und Entwicklungsingenieuren bestehenden Leserschaft der ATZ, aus Kfz-Sachverständigen. Da die Anhängerschutzplatte gerade für diesen Markt interessant ist und dort auch bekannter werden soll, entschied sich das Projektteam für eine Veröffentlichung in der VKU. Diese Veröffentlichung wird nach der Abgabe des Pro-

jektberichtes stattfinden, da hierfür alle Teilgebiete des Projektes fertig bearbeitet sein müssen.

Die durch Herrn Leddin entstanden Kontakte wurden genutzt um einen Artikel in der Märkischen Allgemeinen (MAZ) zu platzieren. Dieser Artikel wurde von einem Redakteur der MAZ nach einem Interview mit Herrn Leddin verfasst und am 14. Dezember 2012 veröffentlicht. Das Hauptaugenmerk des Artikels lag auf der Unterstützung der Projektgruppe durch ein Premnitzer Autohaus. Aus diesem Grund sorgte er zwar für die gewünschte Aufmerksamkeit, war aber für fachkundige Leser nicht sehr aufschlussreich.

Der Kontakt zu den beiden Zeitschriften „Zeitschrift Fahrschule“ und Berliner Fahrschulrundschau“ wurde von Prof. Rodewald in die Wege geleitet. Von jeder Zeitschrift waren Vertreter bei dem Crashversuch dabei um aus erster Hand anschließend darüber zu berichten. Die ausführlichen Artikel wurden in der Zeitschrift Fahrschule Heft 2/2013 und in der Berliner Fahrschulrundschau Heft 1/2013 veröffentlicht. Sie geben durch ihre Ausführlichkeit einen sehr guten Einblick in den Versuch und seine Ergebnisse.

Für den Pressebericht des Magazins Auto-Motor-Zubehör (AMZ) und den Artikel des Preussenspiegels wurde jeweils die im Anhang (s. **A3**) befindliche kurze Projektbeschreibung den jeweiligen Ansprechpartnern zu geschickt. Leider gab es bis heute noch keinerlei Reaktion auf Nachfragen. Somit ist nicht klar ob und in welcher Form über das Projekt berichtet wurde.

2.2 Kontaktaufnahme mit potenziellen Interessenten

Folgende potenzielle Interessenten wurden kontaktiert:

- Thule
- Takata
- Landeskriminalamt
- Fahrlehrer Verband

Hinzu kommen Kontakte zu Gesprächspartnern bei der TÜV Rheinland Group und der Hochschule für Technik und Wirtschaft. Da diese beiden Institutionen aber schon von vornherein in das Projekt involviert waren, werden sie nicht als potenzielle Inte-

ressenten betrachtet. Im Folgenden wird für jeden angeschriebenen Interessenten das Ergebnis dargelegt.

2.2.1 Thule

Mit dem bekannten Hersteller für Anhängerkupplungen Thule hat die HTW schon bei früheren Crashversuchen zusammen gearbeitet. Auch für den aktuellen Versuch konnte erfolgreich eine Anhängerkupplung für das Zugfahrzeug und ein neues Kuppelungsmaul für den Anhänger organisiert werden. Thule erklärte sich sofort bereit diese beiden Teile dem Projektteam kostenfrei zur Verfügung zu stellen. Überdies waren Vertreter von Thule bei dem Versuch anwesend.

2.2.2 Takata

Es wurde erreicht, dass mehrere Mitarbeiter des Unternehmens bei dem Crash anwesend waren und den Projektteilnehmern und anderen interessierten Zuschauern für Gespräche zur Verfügung standen.

2.2.3 Landeskriminalamt

Nach intensiven Bemühungen konnte die Abteilung für Textilspuren unter Leitung von Frau Nehse für eine Zusammenarbeit gewonnen werden. Frau Nehse und ihr Team organisierten Bekleidung für die Dummies um nach dem Unfall die Übertragung von Fasern innerhalb der Fahrzeuge zu untersuchen. Auch bei dem Einsatz der freiwilligen Feuerwehr zur Rettung der Dummies war das Team von Frau Nehse anwesend (s. Daten-Disk). Aufgrund der inhaltlichen Nähe der Abteilung zu den in Fachbereich 5 studierenden Bekleidungstechnikern ist eine Zusammenarbeit bei weiteren Versuchen wünschenswert. Beim Crashtest waren auch Mitarbeiter der Abteilung Lackspuren vor Ort. Aufgrund der notwendigen Bemalung der Fahrzeuge war der Versuch für diese Abteilung leider nicht so realitätsnah wie erhofft. Dennoch sollten die Kontakte zum Landeskriminalamt (LKA) für alle weiteren Versuche genutzt werden. Das LKA bietet mit seiner Fülle an Spezialisten genug Überschneidungen um auch bei anderen Versuchen ein wertvoller Projektpartner zu sein. Es sei aber darauf hingewiesen, dass keinerlei Informationen über eine Beteiligung des LKA in den öffentlichen Medien ohne vorherige Zustimmung des LKA gelangen dürfen.

2.2.4 Fahrlehrerverband

Für den Fahrlehrer Verband waren zwei Mitglieder vor Ort. Der Fahrlehrer Verband ist der wichtigste Ansprechpartner bei einer Markteinführung der Schutzplatte. Aus diesem Grund war es enorm wichtig den Vertretern die erfolgreiche Funktion der Schutzplatte vor Ort zu demonstrieren. Aufgrund des Erfolges der Vorrichtung sollte eine Akzeptanz der Schutzplatte innerhalb des Verbandes deutlich schneller von Statten gehen.

2.2.5 TÜV Rheinland Group

Die TÜV Rheinland Group ist der Hauptsponsor des gesamten Projektes. Für die TÜV Rheinland Group war der Leiter der technischen Prüfstellen Herr Röse vor Ort. Überdies organisierte Herr Röse die TÜV-Aufkleber für die Versuchsfahrzeuge. Diese wurden von ihm an die Projektteilnehmer ausgehändigt und von diesen anschließend an die Fahrzeuge angebracht.

2.2.6 HTW Berlin

Die HTW hat als ausführende Hochschule Aufkleber für die Beklebung der Versuchsfahrzeuge zur Verfügung gestellt. Diese wurden von Frau Hüttinger organisiert und dem Labor Fahrzeugtechnik zugeschickt. Dort wurden sie nach der Entgegennahme an die Fahrzeuge angebracht.

Einen weiteren Sponsor akquirierte Herr Leddin. Er konnte für einen geringfügigen Geldbetrag ein zweites Versuchsfahrzeug bei dem Premnitzer Autohaus H&H GmbH erwerben. Dies ermöglichte erst den möglichst realitätsnahen Versuch.

2.2.7 Gesellschaft der Förderer der Formula Student an der HTW Berlin

Die Gesellschaft unterstützte den Crashversuch mit Fördergeldern. Durch Ihr Engagement war eine Vorfinanzierung möglich.

2.2.8 Premnitzer Autohaus H&H GmbH

Über den Projektteilnehmer Jan Leddin konnte die H&H GmbH für den Crashversuch gewonnen werden. Sie unterstützte das Projektteam mit einem zweiten Fahrzeug, welches den realitätsnahen Crashversuch erst ermöglichte. Für einen geringen Geldbetrag konnte der auffahrende Ford Mondeo erstanden werden. Als Gegenleistung wurde Werbung der H&H GmbH am Fahrzeug angebracht.

2.3 Zusammenfassung

Die Öffentlichkeitsarbeit war ein Erfolg. Es konnten mehrere Veröffentlichungen erreicht werden. Besonderer Dank gilt hierbei Herrn Leddin für seine Kontaktaufnahme mit der MAZ und dem Preussenspiegel. Eine sehr gute Berichtserstattung erfolgte in den beiden Fahrschulzeitschriften. Die Veröffentlichung in der VKU ist eine gute Möglichkeit um den Kreis der Interessenten deutlich zu erweitern. Diese Veröffentlichung muss allerdings noch ausgearbeitet werden.

Der Kontakt zu potenziellen Interessenten und Sponsoren war ebenfalls sehr erfolgreich. Thule sei hier ausdrücklich für die großzügige Überlassung der Anhängerkuppelung und des Kupplungsmauls zu danken. Der Kontakt zum LKA eröffnete nicht nur für den aktuellen Crash ganz neue Möglichkeiten der Untersuchungen. Dieser Kontakt sollte dringendst auch für folgende Versuche genutzt werden. Überdies war die Teilnahme der unterschiedlichsten Gesprächspartner bei dem Versuch für jeden Teilnehmer eine Bereicherung.

3 Theoretische Grundlagen

Wenn alles zu spät ist, der Bremsweg nicht reicht, ein Ausweichen nicht mehr möglich ist, tritt das schlimmste Szenario im Straßenverkehr ein, „DER UNFALL“. Die noch vorhandene Bewegungsenergie wird nun in Bruchteilen von Sekunden abgebaut, unvorstellbar hohe negative Beschleunigungswerte werden erreicht. Die Gleichung $F = m \cdot a$ lässt erahnen, welche Kräfte auf Fahrzeug und Insassen wirken. Das einzige, was die Fahrzeugpassagiere nun noch schützen kann, ist die passive Sicherheit Ihres Automobils.

Knautschzonen, stabile Fahrgastzellen, Airbags, Sicherheitsgurte, Gurtstraffer und viele weitere Komponenten sorgen jetzt dafür, dass das Verletzungsrisiko für die Unfallbeteiligten minimiert wird.

Um die Qualität der zur passiven Sicherheit zählenden Bauteile zu prüfen, werden für jedes neue Fahrzeugmodell Fahrzeugkollisionsversuche (auch Crashtests genannt) durchgeführt.

3.1 Geschichte des Crashtests

Die Geschichte der Fahrzeug-Crashtests ist lang. Bereits vor ca. 80 Jahren begannen einzelne Hersteller damit Fahrzeuge einer Belastungsproben zu unterziehen. Damals verfolgten die Ingenieure noch das Ziel, das Fahrzeug so steif wie möglich zu konstruieren. Nicht selten wurde ein Fahrzeug einen kleinen Abhang hinunter gerollt, um einen Überschlag zu simulieren. Als Bewertungsmaßstab diente der Zustand der Karosserie. Zeigte diese nur geringe Spuren nach dem Überschlag, galt das Fahrzeug nach Meinung der damaligen Sichtweise als „sicher“. Die Frage, was mit den Insassen während eines Unfalls im Fahrzeuginneren geschah, stellte sich den Konstrukteuren jener Zeit jedoch noch nicht.

Erst im Jahr 1947, als Chuck Yeager mit der Bell X-1 zum ersten Mal in der Geschichte die Schallmauer durchbrach, machte sich die U.S. Air Force über die Kräfte, die auf einen Piloten wirken können, Gedanken. Primär sollte geklärt werden, bis zu welcher Geschwindigkeit ein Flugzeug mit dem Schleudersitz verlassen werden kann und welche Kräfte dabei auf den Piloten wirken.

Hauptakteur auf diesem Gebiet wurde Colonel John Paul Stapp, der durch seine Versuchsergebnisse den Grundstein der heutigen Biomechanik und Unfallforschung legte. In zahlreichen Selbstversuchen auf einem Raketenschlitten erforschte er, welchen Belastungen der Mensch standhalten kann. Sein auf Schienen geführter Raketenschlitten beschleunigte ihn in 3,5 Sekunden auf eine Geschwindigkeit von 1017 km/h. Nach Erreichen der Bremszone wurde der Schlitten in 1,4 Sekunden zum Stillstand gebracht (siehe **Abb. 3.1**). Die bei diesem Test erreichten Verzögerungswerte von 40 g nahmen Stapp zwar zeitweise das Augenlicht, zeigten jedoch wie belastbar der menschliche Körper ist.

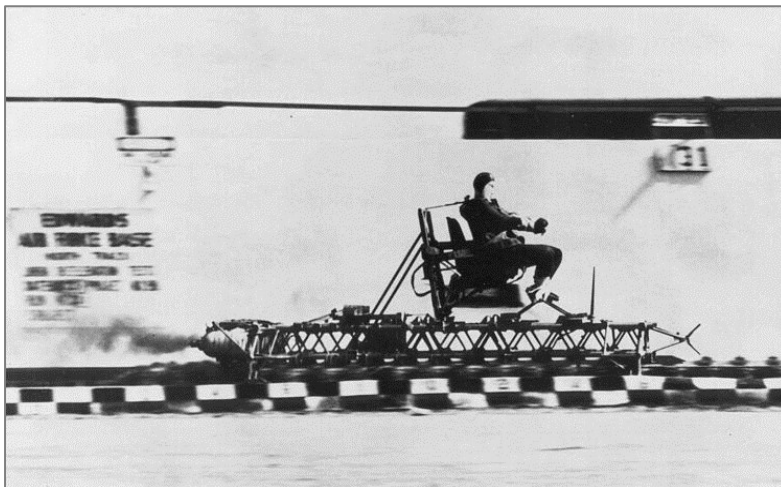


Abb. 3.1: Colonel Stapp auf seinem Raketenschlitten [40]

Als Colonel Stapp eines Tages die Verluststatistiken seiner Piloten analysierte, bemerkte er, dass er weit mehr Piloten im Straßenverkehr als in der Luft verlor. Diese Tatsache veranlasste ihn dazu aufwendige Crashtests durchzuführen.

Ziel der ersten Crashtest-Reihen war es zu zeigen,

wie sich nicht angeschnallte Insassen bei einer Fahrzeugkollision verhalten. Hierfür verwendete er bereits in den frühen 1950ern sogenannte Crashtest-Dummies. Mit Hilfe dieser Crashtest-Dummies, welche die Fahrzeugpassagiere simulierten, war es Stapp möglich zu beweisen, wie gefährlich der Innenraum der damaligen Fahrzeuge gestaltet war. Um seine Versuchsergebnisse der Öffentlichkeit zu präsentieren, veranstaltete Colonel Stapp 1955 seine eigene Verkehrsunfall-Konferenz. Vertreter von Universitäten, Automobilbauern und des Militärs sowie Verkehrssicherheitsexperten und Mediziner wurden zur Konferenz eingeladen, um die verschiedenen Tests zu interpretieren und um die Ergebnisse zu diskutieren. Die daraus resultierenden Empfehlungen waren, nach der ersten Konferenz, energieabsorbierende Armaturenbretter, bei Unfällen geschlossen bleibende Türen, besser mit der Karosserie verbundene Sitze und besondere Sicherheitsgurte. Die Stapp Car Crash Conference wurde

von Jahr zu Jahr umfangreicher und bekam schnell einen internationalen Charakter. [17]

Auch Vertreter von Mercedes-Benz sind bereits in den ersten Jahren regelmäßige Besucher der Stapp Car Crash Conference. Der Konzern beschäftigte sich ebenfalls frühzeitig mit dem Thema der passiven Sicherheit, und entwickelte bereits 1951 unter der Leitung von Béla Barényi Konzepte für die Umsetzung einer „Knautschzone“. Diese Knautschzone sollte im Fall eines Unfalls, die Bewegungsenergie aufnehmen und somit die auf die Insassen wirkenden Kräfte mindern.

Der erste Wagen aus dem Hause Mercedes-Benz mit einer Knautschzone war der W 111 wie in **Abb. 3.2** zu sehen.

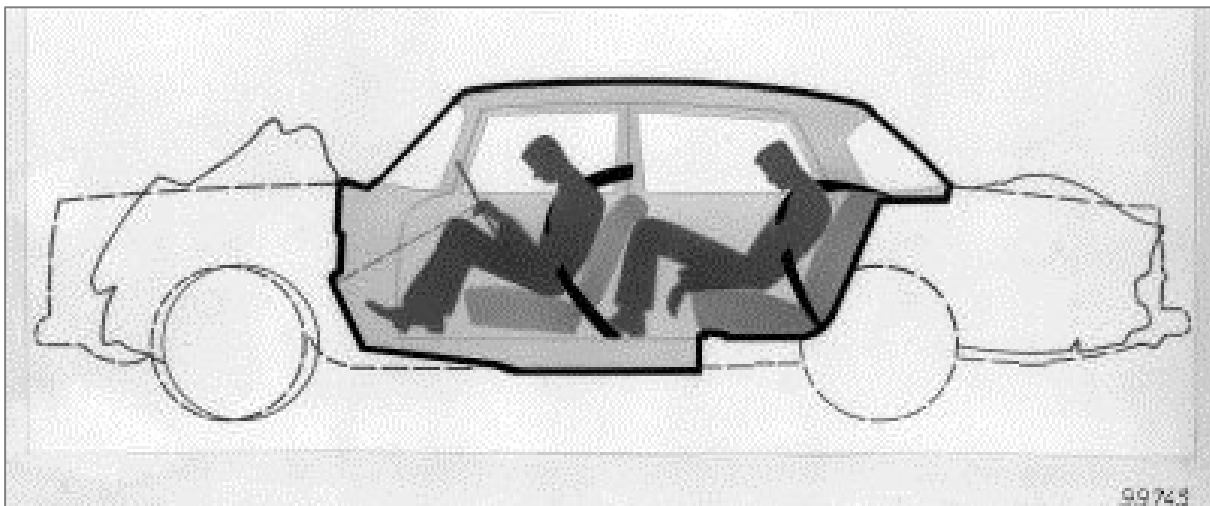


Abb. 3.2: Knautschzone Vorne/Hinten W111 [16]

Die neue Baureihe W 111 profitierte von den ersten Versuchen der Ingenieure zur Fahrzeugsicherheit. Zwar gab es noch keine Crashtests im engeren Sinn, aber seit den Jahren 1956 und 1957 erprobten die unternehmenseigenen Forscher bereits einzelne Fahrzeugkomponenten auf ihr Verhalten bei Unfällen.

Diese Versuche bedeuteten einen großen Schritt für das Unternehmen, da vorher nur Erkenntnisse aus Unfallfahrzeugen gewonnen wurden. Primär wurde bei der Komponentenerprobung Wert auf den Innenraum gelegt. Mit speziellen Apparaturen wurde das Aufschlagverhalten auf Lenkrad, Armaturenbrett und Windschutzscheibe untersucht.

Als jedoch Ende der 1950er mit den Komponenten-Tests die Grenzen der Unfallsimulation erreicht wurde, waren die Ingenieure bestrebt, Unfälle so realistisch wie möglich nachzustellen. [17]

Ein Crash-Versuch mit dem gesamten Fahrzeug war somit unumgänglich. 1959 wurde dann der erste Mercedes-Benz in einem Crashtest frontal in eine Barriere aus alten Presswerkzeugen gefahren (siehe **Abb. 3.3**).



Abb. 3.3: Erster Crashtest bei Mercedes-Benz [17]

Nachdem der erste Crash-test ausgewertet wurde, erstellten die Ingenieure ganze Crashtestversuchsreihen. Diese Versuchsreihen beinhalteten Frontalkollisionen, verschiedene „Fahrzeug trifft Fahrzeugs Szenarien“ sowie Fahrzeugüberschläge. Anfangs wurden Seilwinden als Antrieb benutzt. Diese waren jedoch meist noch zu schwach, um die gewünschte Ziel-Geschwindigkeit auf kurzer Strecke zu erreichen. Als Alternative wurden auch häufiger Heißwasserraketen zum Antrieb des Fahrzeuges (siehe **Abb. 3.4**) verwendet, da diese Raketen über enormen Schub verfügten und das Fahrzeug somit schneller beschleunigen konnten.



Abb. 3.4: Crashtest mit Heißwasserrakete als Antrieb [11]

Nachdem der erste Crash-test ausgewertet wurde, erstellten die Ingenieure ganze Crashtestversuchsreihen. Diese Versuchsreihen beinhalteten Frontalkollisionen, verschiedene „Fahrzeug trifft Fahrzeugs Szenarien“ sowie Fahrzeugüberschläge. Anfangs

Probleme gab es jedoch auf Seiten der Genauigkeit. Es passierte nicht selten, dass ein Versuchsfahrzeug das Ziel verfehlt und von der Werksfeuerwehr an anderer Stelle geborgen werden musste. Abhilfe schaffte später eine eigens entwickelte Seilwinde mit ausreichender Zugkraft.

Die Führungsabteilung des Konzerns verstand es, die Bemühungen im Bereich der Sicherheit geschickt in der Öffentlichkeit zu präsentieren und veranstaltete jährlich einen „öffentlichen Versuchstag“. Das somit geweckte Interesse der Medien und Käufer setzte die restlichen Fahrzeughersteller unter Zugzwang ähnliche Projekte zu

starten. Im Laufe der Jahre entwickelten die diversen Hersteller verschiedene Crashtest-Verfahren, um die Sicherheit ihrer Fahrzeuge zu gewährleisten. [17]

Da dies den europäischen Regierungen als nicht ausreichend erschien, begannen sie 1970 mit der Erstellung von Bewertungsskalen, welche die Qualität eines Fahrzeuges im Bezug zur Sicherheit beschreiben sollten. Das "European Enhanced Vehicle-safety Committee" (EEVC) war geboren und galt als europäisches Pendant zur US-amerikanischen „Experimental Safety Vehicles“ (ESV).

Von nun an sollten alle nationalen Europäischen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten abgestimmt werden, um den besten Nutzen aus den vorhandenen Ressourcen zu ziehen. Bis zum Beginn der 1990er Jahre war die EEVC mit der Entwicklung spezieller Crashtest-Dummies zur Bewertung des Insassenschutzes beschäftigt. Des Weiteren wurde von EEVC im gleichen Zeitraum ein Prüfpaket für den Fußgängerschutz an der Fahrzeugfront erstellt.

Gesetzlich vorgeschrieben war bis dahin lediglich ein Frontal-Crashtest gegen eine feste Barriere, bei dem geprüft wurde, ob die Lenkradsäule in den Fahrzeuginnenraum eindringt. Der Einsatz von Dummies war bei diesem Test nicht vorgesehen.

Die Idee, die neuen von der EEVC entwickelten Crashtests im Gesetz zu verankern, wurde von der Automobilindustrie energisch abgelehnt. Daraufhin wurde zunächst dem britischen Verkehrsministerium vorgeschlagen, auf Basis der Crashtests des EEVC eine groß angelegte Crashtest-Serie zu beginnen. Von Anfang an war vorgesehen, die Testresultate zur Information der Verbraucher öffentlich zu machen. Die gesamte Automobilindustrie kritisierte das Vorhaben als geschäftsschädigend. Trotzdem wurde das New Car Assessment Programme (NCAP) 1995 in Großbritannien beschlossen.

3.2 Europäisches Crashtest-Verfahren (Euro NCAP)

1996 wurde das Programm auf Europa ausgeweitet und nannte sich von nun an Euro NCAP. Weiterhin waren die Autohersteller mit dem Bewertungssystem nicht zufrieden und behaupteten, dass eine 4-Sterne-Wertung nicht möglich wäre. Vier Monate nach der Einführung des Euro NCAP war der Volvo S40 das erste Fahrzeug, welches eine 4-Sterne Wertung erhielt.

Bis zum Jahr 2009 wurden für ein Fahrzeug drei Bewertungen veröffentlicht. Diese beinhalteten den Insassenschutz für Erwachsene und Kinder sowie den Fußgängerschutz.

Ausschlaggebend für den Insassenschutz waren drei verschiedene Crashtests: Frontal- und Seitenaufprall sowie der Pfahltest. Der Fußgängerschutz wurde durch das Anfahren eines Dummies simuliert.

Nach jedem Crashtest wurden die Messwerte der Dummies ausgewertet. Die Daten enthielten Informationen über die Kräfte, die auf die einzelnen Körperteile wirkten. Visualisiert wurden die Messdaten in einer Grafik, welche die Belastungen auf den Körper darstellte.

Wie in **Abb. 3.5** zu sehen, wurden die schlecht geschützten Bereiche rot markiert, wohingegen gut geschützte Bereiche grün gefärbt wurden.

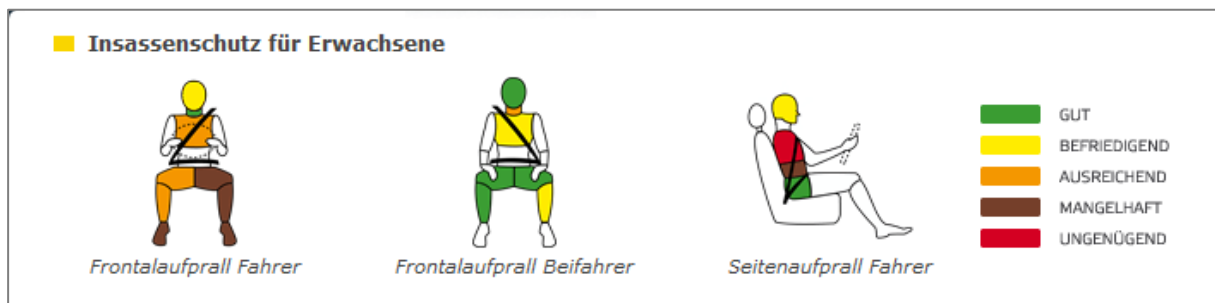


Abb. 3.5: Euro NCAP Bewertung bis 2009 (Hyundai Accent 1998) [10]

Seit dem Jahr 2009 gibt es nur noch eine Gesamtbewertung für ein Fahrzeug, welche sich aus den vier Bereichen: Insassenschutz-Erwachsene und Kind sowie Fußgängerschutz und Sicherheitsunterstützung zusammensetzt. Um den Insassenschutz besser zu beschreiben, wurde ein weiteres Crashtest-Verfahren hinzugefügt, welches das Risiko eines Schleudertraumas bewertet.

Seit 2009 sind nun 5-Sterne zu erreichen. Das Bewertungsschema ist in **Abb. 3.6** dargestellt.

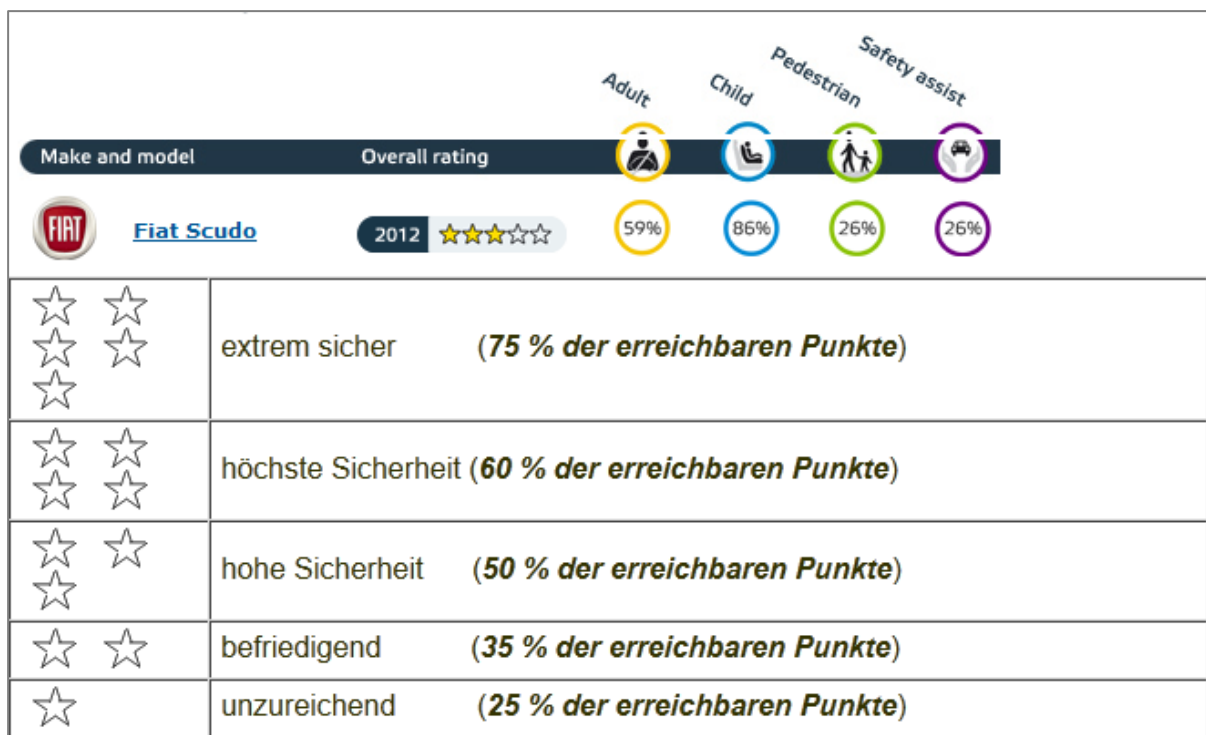


Abb. 3.6: Euro NCAP Bewertung bis 2009 (Fiat Scudo 1998) [10]

In dem folgenden Abschnitt werden nun die einzelnen Crashtest-Verfahren des Euro NCAP näher erläutert. [10]

3.2.1 Frontalcrash-Verfahren

Um die passive Sicherheit bei einem Frontalcrash zu testen, wird das Versuchsfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 64 km/h und einer Überdeckung von 40% gegen eine deformierbare Barriere gezogen. Um die dabei auf die Insassen wirkenden Kräfte zu messen, ist das Versuchsfahrzeug vorne mit zwei 50% HybridIII-Dummies und hinten mit zwei Kinder-Dummies besetzt. Dabei werden speziell die biomechanischen Belastungen auf Kopf, Hals, Brustkorb, Becken und Beine gemessen.

Die Kinder-Dummies befinden sich in gesicherten Kindersitzen und entsprechen einem Alter von 1,5- bis 3 Jahren. Der Abb. 3.7 ist der Versuchsaufbau eines Frontal-Crashtests zu entnehmen. [10]

Das Frontalcrash-Verfahren soll eine Kollision zweier Fahrzeuge simulieren, die entgegengesetzt aufeinander treffen. Unfallstatistiken belegen, dass dies der Unfalltypus ist, bei dem es am häufigsten zu schweren oder tödlichen Verletzungen kommt.

Die Testgeschwindigkeit von

64 km/h stellt einen Zusammenstoß von zwei Fahrzeugen nach, die sich jeweils mit etwa 55 km/h aufeinander zubewegen. Der Geschwindigkeitsunterschied ergibt sich aus der fehlenden zweiten Knautschzone (Unfallgegner), da auch diese Energie absorbieren würde. [13]

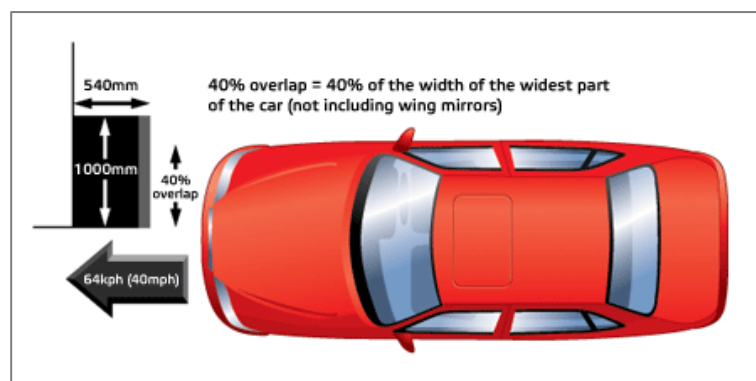


Abb. 3.7: Frontalcrash-Verfahren Euro NCAP (Rechtslenker) [10]

3.2.2 Seitencrash-Verfahren

Um einen Seitencrash zu simulieren wird bei diesem Verfahren eine bewegliche, verformbare Plattform mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h in die Fahrzeugseite (Fahrerseite) gezogen.

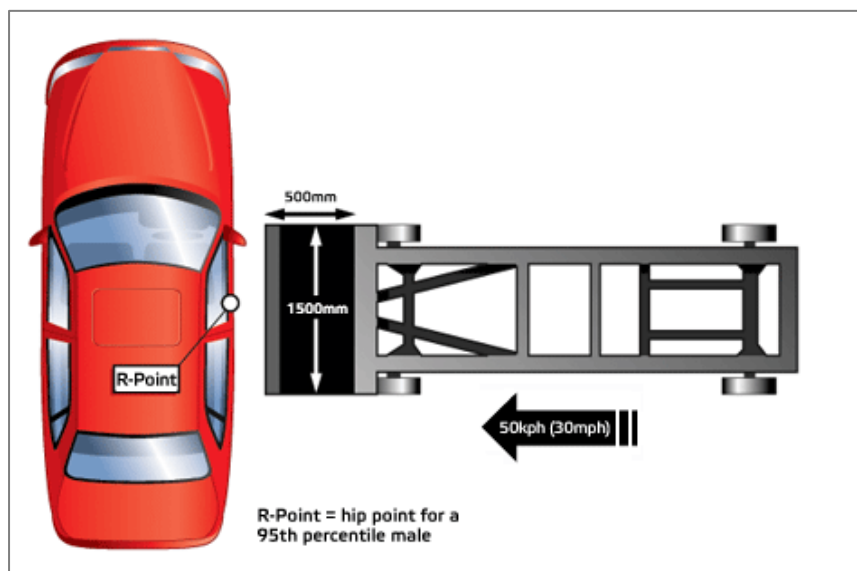


Abb. 3.8: Seitencrash-Verfahren Euro NCAP (Rechtslenker) [10]

Bei diesem Crashstest ist das Versuchsfahrzeug vorn mit einem Erwachsenen-Dumie und hinten mit zwei Kinder-Dummies besetzt. Bei diesem Verfahren werden speziell die biomechanischen Belastungen auf Kopf, Brustkorb, Bauch und

Becken gemessen. Die Einführung dieses Test-Verfahrens führte seiner Zeit zu einer enormen Verbesserung des Seitenaufprallschutzes: Türstrukturen wurden versteift und Seitenairbags wurden schnell serienmäßig zum Standard. [10]

3.2.3 Pfahlaufprall-Testverfahren

Der Pfahlaufpralltest ist ein zusätzlicher Seitenaufprall-Crashtest, der nur durchgeführt wird, wenn das Versuchsfahrzeug im voran gegangenen Seitenaufprall-Crashtest die volle Punktzahl erreicht hat. Der Pfahltest bietet somit die Möglichkeit, Zusatzpunkte zu erlangen. Bei diesem Crash-Verfahren wird das Versuchsfahrzeug

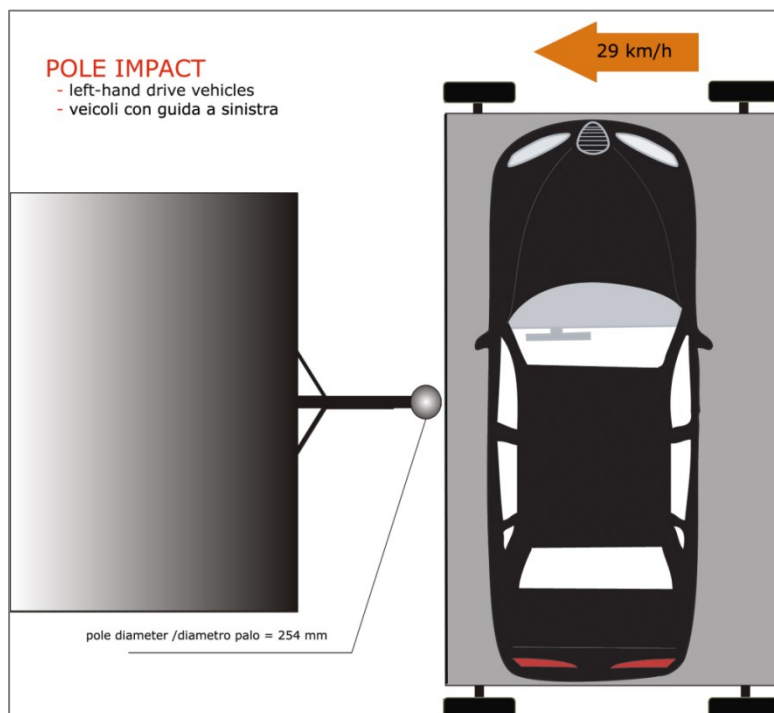


Abb. 3.9: Pfahlcrash-Verfahren Euro NCAP (Linkslenker) [44]

quer zu seiner Fahrtrichtung auf einem Schlitten, mit einer Geschwindigkeit von 29 km/h, gegen einen Stahlpfahl mit 254 mm Durchmesser gezogen (siehe **Abb. 3.9**). Das Versuchsfahrzeug ist bei diesem Test genauso besetzt wie im vorigen Seiten-Crashtest. Außerdem werden die gleichen biomechanischen Belastungen gemessen, wobei das Hauptaugenmerk auf der Kopfgregion des Fahrers liegt. [10]

Ohne Seitenschutzvorrichtungen würde ein Unfall mit dieser Intensität meist mit tödlichen Kopfverletzungen enden, doch seit der Einführung des Seiten-Airbags konnten die Belastungen auf den Kopf um den Faktor 10 bis 20 verringert werden.

3.2.4 Heckcrash-Verfahren

Die Tatsache, dass es in Europa jährlich zu etwa einer Million Halswirbelerletzungen im Straßenverkehr kommt, hat dazu geführt, dass seit 2009 im Rahmen des Euro NCAP auch Auffahrkollisionen simuliert werden. Hierfür werden jedoch nicht komplette Versuchsfahrzeuge verwendet, sondern lediglich die verbauten Sitze auf einen fahrbaren Schlitten montiert. Eigens für dieses Testverfahren wurde ein spezieller Heckcrash-Dummi (Bio Rid 2) entwickelt, welcher besonders detailliert die biome-

mechanischen Belastungen im Nackenbereich aufzeichnet. Durchgeführt wird der Test indem der Schlitten mit dem Vordersitz rückwärts mit einer Geschwindigkeit zwischen 16 und 24 Km/h auf ein Hindernis aufprallt. Dies würde einem Auffahrunfall mit einer Geschwindigkeit zwischen 30 und 50 km/h entsprechen. [1]

3.2.5 Andere Crashtest-Programme

Nicht nur in Europa existieren Programme, die die passive Sicherheit von Neufahrzeugen untersuchen. Es gibt viele verschiedene Programme, die jedoch in den meisten Fällen dem Euro NCAP ähneln. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Versuchsprogramme des JNCAP (Japan), des C-NCAP (China), des KNCAP (Süd-Korea), aus Australien, des Euro NCAP (Europa), US NCAP (USA) und des Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (USA). [7]

Bei dem Crashversuchsprogramm des IIHS ist der small overlap Test noch nicht enthalten, da dieser Test bisher noch stark umstritten ist und von den Autoherstellern als unrealistisch bewertet wird. Der small overlap Test ist ein Frontal-Crashtest mit jedoch nur ca. 20% Überdeckung (Anstoß auf Scheinwerfer Höhe). Aufgrund der geringeren Fläche führte dieser Test zu verheerenden Testergebnissen. [13]








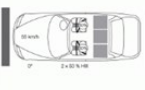
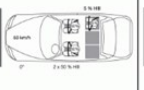
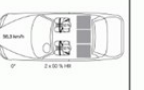
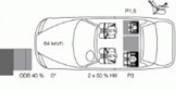
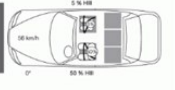
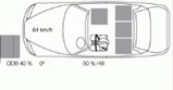
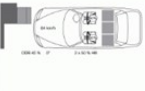
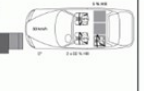
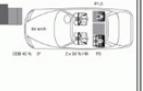
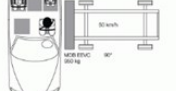

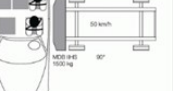
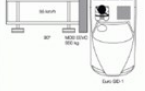
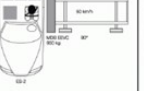
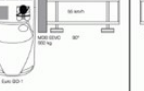
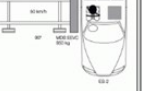


JNCAP 	C-NCAP 	KNCAP 	Australien 	Euro NCAP 	US NCAP 	USA IIHS 
						
						
						
<ul style="list-style-type: none"> • Fußgängerschutz • Dynamische Tests mit Kinderschutzsystemen und Bewertung der Handhabung • Bewertung der Bremsen 		<ul style="list-style-type: none"> • Fußgängerschutz • Bewertung der Kopfstütze • Static Stability Factor und Fishhook Manöver • Bewertung der Bremsen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fußgängerschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • Schrittentests für Heckaufprall mit Bewertung des Sitzes (siehe Seite 59) • Dynamische Tests mit Kinderschutzsystemen und Bewertung der Handhabung 	<ul style="list-style-type: none"> • Static Stability Factor und Fishhook Manöver (siehe Seite 86) • Ease of use Rating für Kindersitze 	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturtest für Stoßflügel • Bewertung des Sitzes und der Kopfstütze beim Heckaufprall

Abb. 3.10: Crash-Versuchsprogramm Europa und USA [7]

3.2.6 Weitere Crashtest-Verfahren

Die im voran gegangenen Teil beschriebenen Crashtest-Verfahren nehmen den Größten Teil aller Crashtests ein und verfolgen das Ziel, den Käufern bei der sicherheitsbewussten Wahl eines Neufahrzeuges zu helfen. Darüber hinaus werden die Hersteller motiviert, immer sicherere Autos zu konstruieren. Es gibt jedoch weitere Crashtest, die sich nicht direkt mit der Sicherheit von Neufahrzeugen beschäftigen. Bei diesen Tests geht es meist in erster Linie darum, auf gefährliche Situationen im alltäglichen Leben hinzuweisen. In Deutschland hat der Allgemeine Deutsche Automobil-Club e.V. (ADAC) in diesem Bereich eine Vorreiterrolle eingenommen. Seit Jahren testet der ADAC verschiedene Unfallszenarien und weist in seinen Verkehrssicherheits-Berichten darauf hin.

Allein in den letzten Jahren veranstaltete der ADAC Crashtests zu den folgenden Themen: „Ohne Gurt ist Lebensgefährlich“, „Disco-Unfall“, „Crash mit Tempo 80 – Wo liegen die Grenzen der Belastbarkeit?“, „In der Stadt mit Gurt – Risiko auch bei mäßigem Tempo“, „Cabrio-Rollover - Sicher beim Überschlag“, „Alt gegen Neu – Modell 1987 gegen 2007“, „Dem Van ins Heck – Wenn die Knautschzone fehlt“, „In-sassensicherheit – Sicherheit auf der Rückbank“.

Doch auch, wenn der ADAC sich mit vielen gefährlichen Situationen im Straßenverkehr beschäftigt hat, so fehlt das Szenario Auffahrunfall auf ein Anhängergerespenn.

3.2.7 Auffahrunfall auf ein Anhängergerespenn

Das Hauptproblem, welches sich bei diesem Unfalltypus einstellt, ist, dass durch das Auffahren auf den Anhänger sich dessen Deichsel in den Innenraum des Zugfahrzeuges bohren kann. Die Anhängerdeichsel könnte somit schwere Verletzungen bei den Insassen hervorrufen. Besonders bei Kompaktfahrzeugen sind die Passagiere auf der Rückbank gefährdet, da zwischen Anhängerkupplung und Rückbank wenig Raum zum Energieabbau zur Verfügung steht (sogenanntes L5-Maß).

Obwohl von diesem Unfallszenario ein hohes Verletzungsrisiko ausgeht, wurde in diesem Bereich der Unfallforschung bislang wenig geforscht. Vereinzelt berichtete die VKU über die Deichseleindringung bei Anhängerunfällen [18][37].

Eine Vorreiterstellung auf diesem Gebiet hat jedoch die HTW-Berlin eingenommen, welche unter der Leitung von Herrn Prof. Rodewald seit Jahren Crashtests zur passiven Sicherheit von Anhängerzügen durchführt.



Abb. 3.11: Anhänger-Zugrohr im Fahrzeugheck[23]

Der erste Crashtest hierfür erfolgte 1996. Hierbei wurde ein Gespann (VW Golf I und beladener Anhänger) mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h gegen ein feststehendes Hindernis gefahren. Ziel war es zu beobachten, wie sich das starre Zugrohr des Anhängers beim Frontal-Crash

verhält. Nach dem Test konnte analysiert werden, dass das Anhänger-Zugrohr tief in das Fahrzeugheck eingedrungen war und somit zu schweren Verletzungen auf der Rücksitzbank führen könnte (s. **Abb. 3.11**). [15]

Eine Änderung der Fahrerlaubnisverordnung, die besagt, dass bei Prüfungs- und Ausbildungsfahrten für den Führerschein der Klasse BE seit 1999 Anhänger mitgeführt werden müssen, führte dazu, dass an der HTW-Berlin aktiv an einer Schutzvorrichtung für einen Pkw-Anhängerzug geforscht wurde. Die TÜV Rheinland Group und die TU Berlin waren von Anfang an Partner bei dem Projekt „Prüfung einer Schutzvorrichtung für den BE-Zug“.

Im Rahmen dieses Projektes entstanden verschiedene Lösungsansätze, die das Eindringen der Deichsel in das Fahrzeugheck verhindern sollten. Untersucht wurden Maßnahmen am Fahrzeug, am Anhänger aber auch transportable Schutzvorrichtungen.

Als wirkungsvollste Maßnahme am Fahrzeug könnte der Abstand zwischen Heckabschluss und Rückbank erhöht werden. Bereits Mittelklasse-Fahrzeuge weisen meist genug Platz auf. Jedoch sind bei Fahrschulfahrzeugen nur 700 mm vorgeschrieben.[23] Eine andere Möglichkeit wäre, das Fahrzeug im Heckbereich zu verstärken,

damit die Deichsel nicht in den Fahrzeuginnenraum eindringen kann. Diese Maßnahme wäre allerdings in der Realität aus Kostengründen schwer umzusetzen.



Abb. 3.12: Knickdeichsel [15]

Maßnahmen am Anhänger wurden in der Diplomarbeit von Herrn Nerlich [19] vorgestellt. Das in der Arbeit erstellte Konzept, sah eine gezielte Schwächung der Anhängerdeichsel vor. Im Falle eines Unfalls (definierte Längskraftüberschreitung) sollte ein am Anhänger montierter Abreißstab brechen und somit die

Anhängerdeichsel unter das Fahrzeug führen. Die Umsetzung des Konzeptes ist der **Abb. 3.12** zu entnehmen. Dieses Konzept wurde jedoch zum großen Teil aus Kosten und zulassungsrechtlichen Gründen wieder verworfen.



Abb. 3.13: Montierte Schutzplatte [23]

Eine weitere Möglichkeit, um die passive Sicherheit eines BE-Zuges zu erhöhen wäre eine transportable Schutzplatte. Diesbezüglich wurde in den Diplomarbeiten von Herrn Ruff und Herrn Deppe [35][6] eine solche Platte konzipiert. Weiterführend wurde die Platte in der studentischen Arbeit [25] dimensioniert konstruiert und gefertigt. In **Abb.**

3.13 ist eine montierte Schutzplatte zu sehen. Der mit dieser Schutz-

platte durchgeführte Crashtest im Jahre 2005, zeigte ein sehr gutes Verhalten der Schutzplatte gegen das Eindringen der Deichsel in das Fahrzeugheck. [15]

Trotz verschiedener Optimierungen die im Rahmen der studentischen Arbeit [21] erstellt wurden, standen einige Fahrschulbetreiber einer am Fahrzeug montierten Schutzplatte skeptisch gegenüber. Weshalb man auf Seiten der HTW-Berlin dazu

übergang, die Schutzplatte am Anhänger zu montieren. Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Projekt Sicherheit“ wurde 2011 ein Crashtest mit einer an der Deichsel verbauten Schutzplatte durchgeführt. Als Ergebnis zeigte sich, dass die Anhängerdeichsel die Rücksitzbank nicht getroffen hatte. Die weitere Analyse des Crashfahrzeuges und der Schutzplatte haben darüber hinaus Optimierungspotential bei der Dimensionierung der Schutzplatte ergeben.

Durch die weitere Optimierung der Schutzplatte soll in diesem Crashversuch die passive Sicherheit des BE-Zuges weiter erhöht werden. Damit ein Eindringen der Anhängerdeichsel, bei dem hier vorgestellten Crashtest, in das Fahrzeugheck verhindert werden kann.

4 Verwendete Technik für den Crashtest

Im folgenden Abschnitt wird die bei dem Crashtest verwendete Technik näher beschrieben und erläutert.

4.1 Eingesetztes Kameraequipment

Um eine ausführliche Auswertung durchführen zu können, ist neben den Messwerten auch aussagekräftiges Bild- und Filmmaterial erforderlich. Da ein Unfall meistens innerhalb von einer Sekunde vorbei ist, müssen spezielle Kameras verwendet werden. Der Verlauf des Crashes und die Bewegung aller beteiligten Fahrzeuge lassen sich durch die Aufnahmen von sogenannten Hochgeschwindigkeitskameras besser nachvollziehen. Davon standen bei dem Versuch drei Stück (Kamera 1-3) von der Firma Redlake zur Verfügung (**Abb. 4.1**). Im Folgenden sind die technischen Daten dieser Kamera aufgeführt:

Redlake HG-100K Hochgeschwindigkeitskamera [43]

- CMOS Sensor mit der Auflösung: 1504 x 1128
- bis 1000fps bei der vollen Auflösung / 100,000fps bei der verminderten Auflösung
- 100 Base-T und 1000 Base-T (Gigabit) Ethernet
- kompaktes hoch-G Design (Stöße bis zu 100 G)
- globaler elektronischer Verschluss bis nur 5 μ s
- aktive Bilder während der Aufnahme
- Speicherplatz bis zu 4GB
- fortgeschrittene Genauigkeit der Synchronisierung für die Kameranetze (\pm 2,5 μ s)



Abb. 4.1: High-Speed-Kamera HG-100K mit Objektiven von Redlake [41] [9]

Für diese Kameras standen Objektive von Sigma zur Verfügung, mit Brennweiten zwischen 18 und 70 mm.

Für die Ausrichtung/Positionierung standen zwei Stative und ein Kragarm (Abb. 4.2) für die „Luftaufnahme“ bzw. Draufsicht zur Verfügung.



Abb. 4.2: Stativ für Hochgeschwindigkeitskamera (li.), Kragarm (re.)

Außerdem stand eine Hochgeschwindigkeitskamera von der HTW zur Verfügung (Casio Exilim – Kamera 4) mit einer Aufnahme rate von 240 Bildern pro Sekunde (Abb. 4.3).

Die zahlreichen privaten Kameras für die Echtzeit-Aufnahmen, kamen meist von den Versuchsteilnehmern selbst. Diese haben ähnliche Ausrichtungen wie die Hochgeschwindigkeitskameras und sind daher nachfolgend nur aufgelistet:



Abb. 4.3: Verwendete Casio Exilim mit High-Speed-Funktion von der HTW [20]

Verwendete Kameras für die Echtzeit-Filmaufnahmen

- Canon DSLR EOS 600
- Sony DSC-HX9V
- GOPRO HD Hero 2
- Sony Camcorder HDR PJ 260 VE

4.2 Unfalldatenspeicher

Der Unfalldatenspeicher ist, wie der Name schon sagt, ein Gerät zur Speicherung von Daten, die im Falle eines Verkehrsunfalls Erkenntnisse über den Unfallhergang aufzeigen können. Er ist im Aufgabenprinzip dem Flugschreiber (Black Box) ähnlich, jedoch in vereinfachter Ausführung.

Um verlässliche Daten und Messwerte zum Unfall zu erhalten, fiel die Entscheidung bei diesem Crashtest auf einen Unfalldatenspeicher der Firma Kienzle. Dieses ist ein elektronisches Gerät zur Erfassung und Speicherung von physikalischen/elektrischen Daten für Kraftfahrzeuge [38]. Die Auswertung der UDS-Daten ermöglicht im Falle einer Kollision die unabhängige Rekonstruktion des Bewegungsablaufes für die Pre-crash-, Postcrash- und die eigentliche Crash-Phase.

Im nachfolgenden soll die Handhabung eines UDS, sowie deren Aufbau und Funktion näher erläutert werden.

Neben der permanenten Erfassung der Längs- und Querschleunigung, der Änderung des Erdmagnetfeldes, sowie der Registrierung der Wegimpulse des Fahrzeugs werden in der Regel auch die Statussignale der Zündung, der Bremse, der Blinker, des Lichtes und ähnliches vom UDS erfasst (**Abb. 4.4**).

Im Falle einer Speicheraktivierung, z.B. durch Einwirkung einer starken Beschleunigung des Fahrzeuges durch einen Anstoß, werden die Fahrdaten 30 Sekunden vor der Auslösung und 15 Sekunden nach dem Anstoß abgespeichert. Die Beschleunigung muss einen vorher eingestellten Minimalwert überschreiten, z.B. 10 m/s^2 (etwa 1 g) für Personenkraftwagen (PKW) und Kleintransporter, um eine Aufzeichnung zu starten. Diese so genannte „Triggerschwelle“ sollte üblicherweise in einem Bereich liegen, der durch normale Fahrmanöver nicht erreicht wird. Derzeit sind viele verschiedene Varianten und Versionen von UDS-Geräten erhältlich. Für den Crashtest

wurden die Versionen UDS 1.3 und UDS 2.0 der Firma Kienzle verwendet. Auf beide Geräte wird nachfolgend etwas genauer eingegangen.

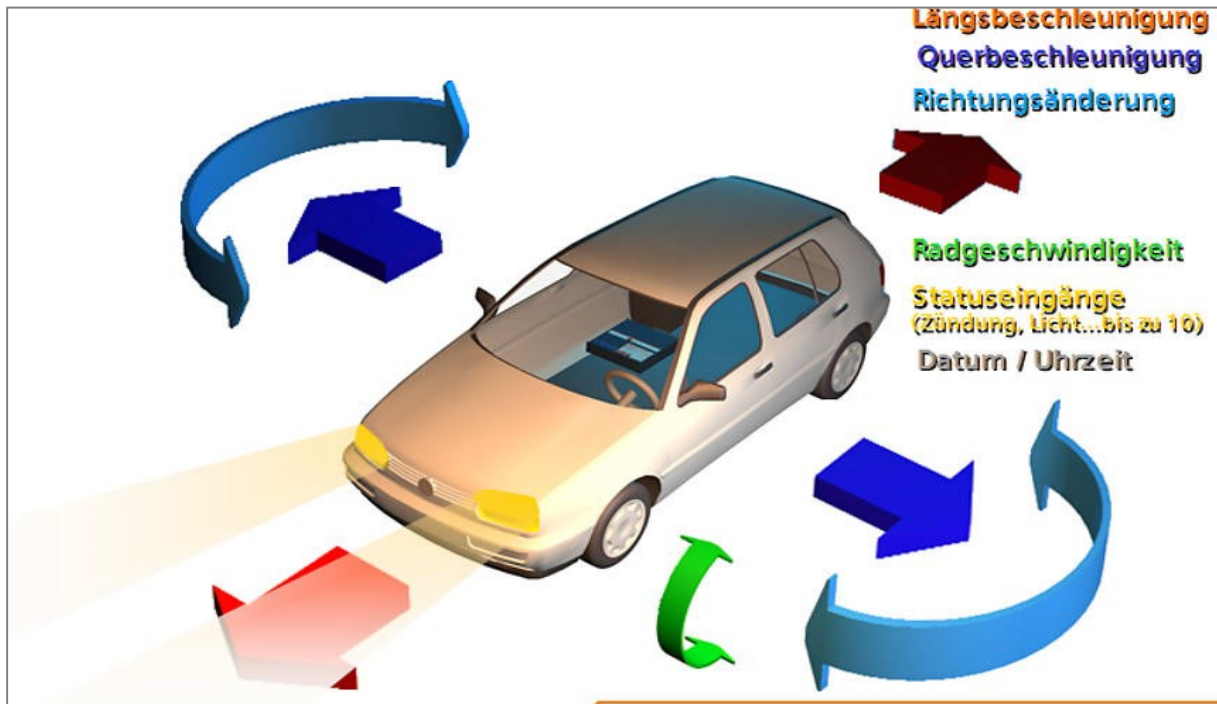


Abb. 4.4: Daten und Beschleunigungsrichtungen die vom UDS erfasst werden [8]

UDS Version 1.3

Die Abmessungen des UDS 1.3 (Abb. 4.5) inklusive der Befestigungsplatte beträgt $L \times B \times H = 140 \times 130 \times 53$ mm und hat ein Gewicht von etwa 880 g. [8] Für die UDS-Geräte wird ein 26-poliger Siemens 04 M1026-S500-Stecker benötigt.

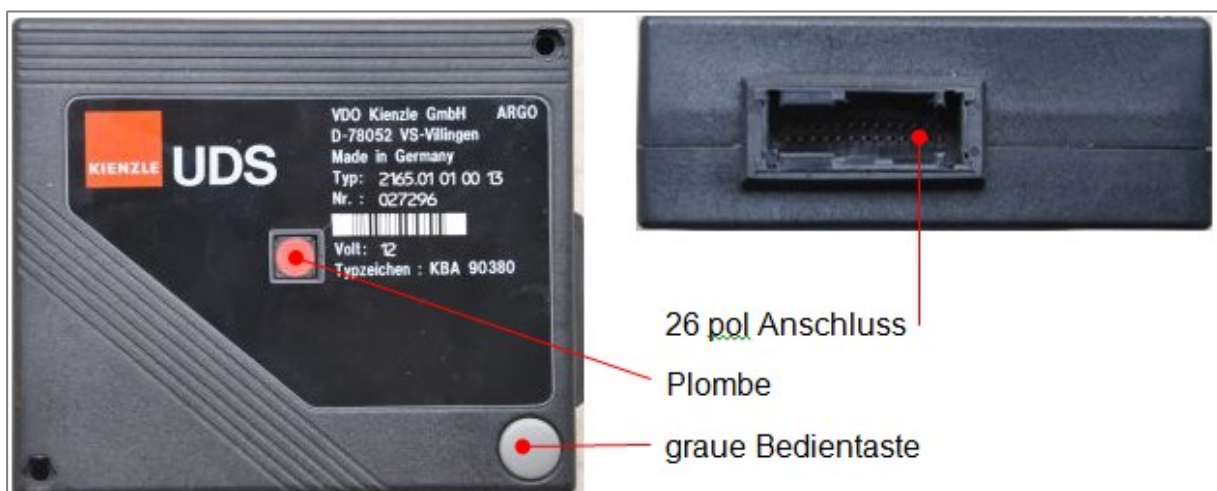


Abb. 4.5: UDS 1.3 – Draufsicht (li.), Anschlussseite (re.) [8]

Die Geräte sind durch eine 12-stellige Nummer gekennzeichnet, die Auskunft über den Typ und die Version gibt. Bei der Version 1.3 lautet die Nr. 2165.01 01 00 13. „In

der Mitte befindet sich die Plombierung. Mit der grauen Bedientaste können sämtliche gespeicherte Daten gelöscht werden. Hierzu ist folgendes Vorgehen erforderlich: Bei eingeschalteter Zündung betätigt man die Bedientaste, was durch einen langen Piepton bestätigt wird. Dieser Vorgang ist insgesamt dreimal durchzuführen, um alle drei Speicherbereiche zu löschen. Dabei ist jedes Mal der lange Piepton abzuwarten. Es wird immer der gesamte Speicherinhalt gelöscht.“ [39]

Der UDS ist im Innern mit Sensoren, einer Uhr sowie einer Pufferbatterie für den Speicher ausgestattet (**Abb. 4.6**).

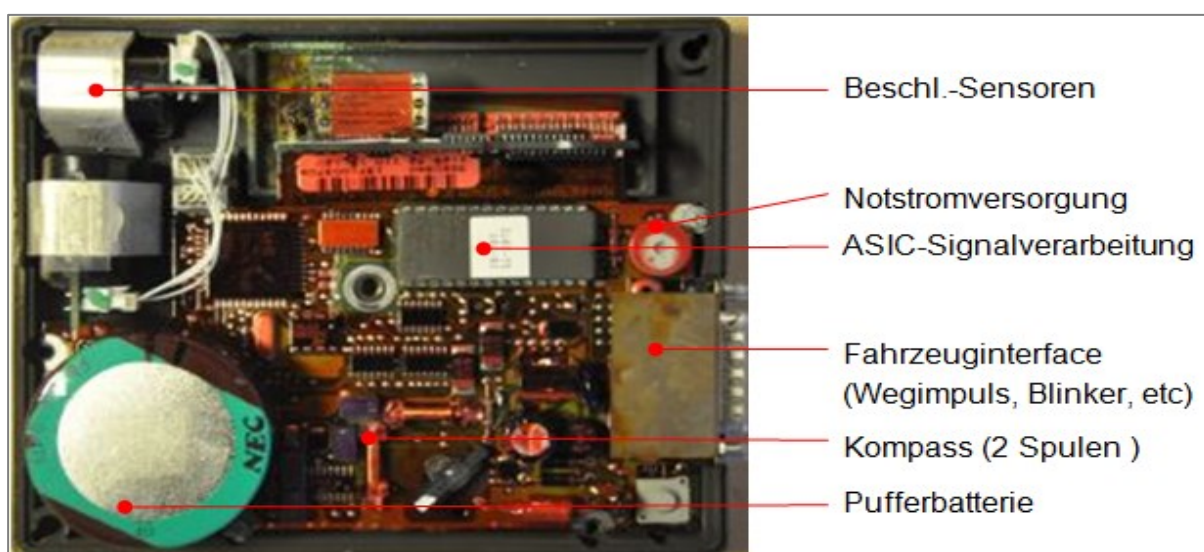


Abb. 4.6: Innerer Aufbau eines UDS 1.3 [8]

Die Sensoren erfassen Quer- und Längsbeschleunigungen und die Rotation um die Fahrzeughochachse. Sie zeichnen Überholmanöver, Schleudern, Kurvenfahrten und – bei Eintreten eines Unfalls – insbesondere Stoßvorgänge auf.

Ebenso werden die Geschwindigkeiten, also auch die Aufprallgeschwindigkeit, und Wege des an einem Unfall beteiligten Fahrzeuges werden aufgezeichnet, bzw. aus den Sensordaten errechnet. Nach Einschalten der Zündung befindet sich der UDS im Fahrmode. Der Fahrmode ist der normale Modus während des Fahrbetriebs. Es gibt noch einen Parkmode und einen Sleepmode, die aber für diesen Versuch nicht relevant sind. [39]

UDS Version 2.0

Im Unterschied zu Geräten des Typs 1.3 ist der Typ 2.0 deutlich kompakter gebaut. Die Abmessungen des UDS 2.0 (**Abb. 4.7**) inklusive der Befestigungsplatte beträgt $L \times B \times H = 100 \times 100 \times 40$ mm und hat ein Gewicht von etwa 215 g. **[8]** Mittlerweile ist nur noch der UDS 2.0 erhältlich. Dieser besitzt gegenüber dem UDS 1.3 eine separate Ausleseschnittstelle am Gehäuse (USB 2.0-Port), verfügt über deutlich mehr Speicherkapazität für automatisch gespeicherte Ereignisse und es wurde eine Bewertungszahl ($0,01 < \mu < 1,0$) zur Charakterisierung der „Ereignisschwere“ eingeführt sowie ein zusätzlicher Statistikspeicher.

Zur Kennzeichnung der UDS-Geräte der zweiten Generation wurde die Nr. 2165.00 00 00 00 vergeben. Der 26-polige Siemens 04 M1026-S500-Stecker wurde beibehalten.



Abb. 4.7: UDS 2.0 – Draufsicht (li.), Anschlüsse (re.) [8]

Von der Funktionsweise und dem inneren Aufbau unterscheidet sich der UDS 2.0 nicht vom 1.3, lediglich die Komponenten sind kompakter geworden (**Abb. 4.8**).

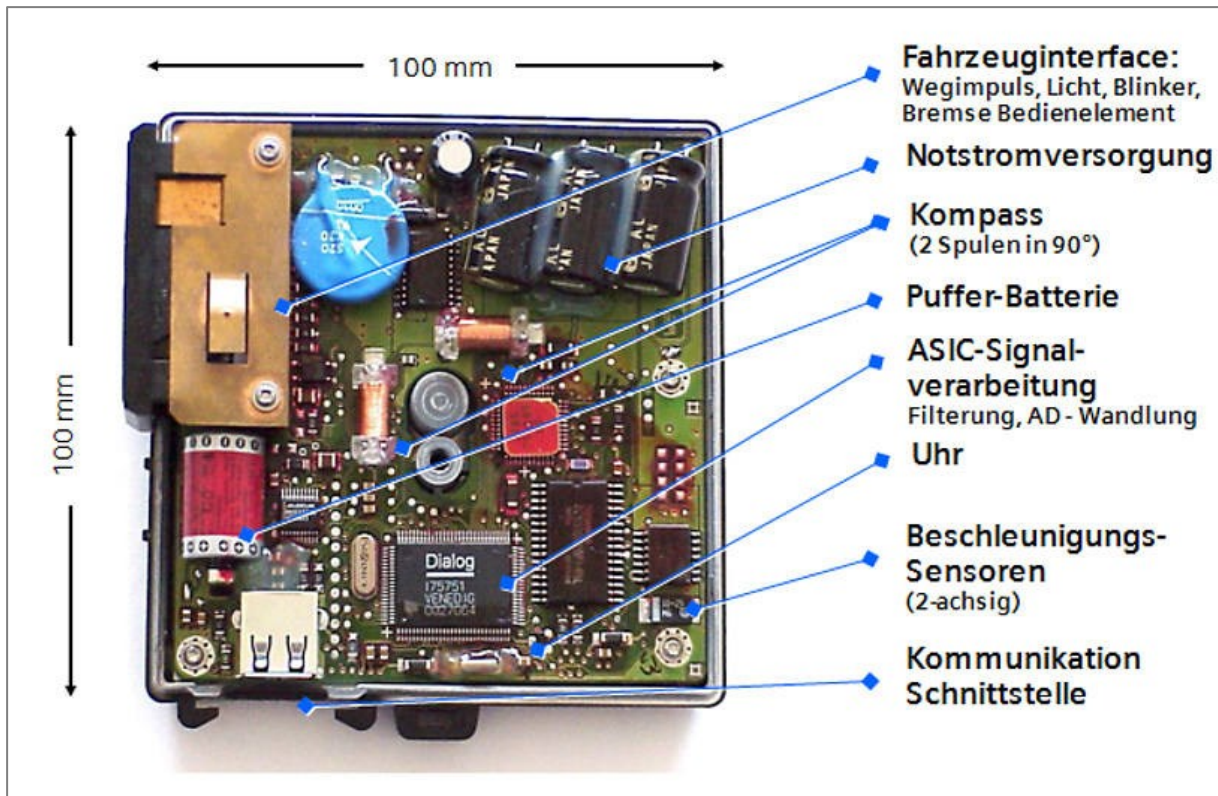


Abb. 4.8: Innerer Aufbau eines UDS 2.0 [8]

5 Versuchsvorbereitung

Dieses Kapitel beschreibt die Vorbereitungen an den Versuchsfahrzeugen und auf der Crashbahn, die für einen sachgemäßen Crashtest nötig sind.

5.1 Beschaffung der Fahrzeuge

Nachdem sich das gesamte Crashteam auf eine Crashsituation geeinigt hat und diese mit Herrn Röse der TÜV Rheinland Group sowie Herrn Glatt von der TU Berlin abgestimmt wurde, stand fest das für den Crashtest zwei Fahrzeuge und ein Anhänger benötigt werden. Aus dem Budget des Crashtests standen 1000 € für die Beschaffung und Vorbereitung der Versuchsfahrzeuge zur Verfügung.

Das Fahrzeugtechniklabor besaß bereits einen Anhänger mit dem schon mehrere Crashversuche durchgeführt wurden. Dieser Anhänger konnte auch für den Crashversuch genutzt werden (**Abb. 5.1**).



Abb. 5.1: Anhänger HTW Labor

Das erste Fahrzeug sollte ein Mittelklasse Fahrzeug sein um ein typisches Fahrschulfahrzeug bei der BE Führerscheinprüfung zu simulieren. Nach Absprache mit der TÜV Rheinland Group hat sich das Team auf einen VW Golf geeinigt. Über eine Internetrecherche wurde ein Fahrzeug bei einem Berliner Autohändler gefunden (**Abb. 5.2**).

1. Fahrzeug Daten:

Fahrzeug: VW Golf 3 4-Türer Silber
Baujahr: 1997
Ausstattung: ABS, Fahrer-, Beifahrer-,
Seitenairbag
Preis: 500 €



Abb. 5.2: VW Golf

Das zweite Fahrzeug auf das sich das Team geeinigt hat ist ein Ford Mondeo Turnier (**Abb. 5.3**). Dieses Fahrzeug sollte bei der Firma Ford H&H 750 € kosten. Nach Absprache mit dem Geschäftsführer wurden für den Ford Mondeo 250 € bezahlt. Im Gegenzug für den Nachlass von 500 € wurde vereinbart, dass Werbung vom Autohaus an dem Fahrzeug angebracht wird.

2. Fahrzeug Daten:

Fahrzeug: Ford Mondeo Turnier Grün
Baujahr: 1999
Ausstattung: ABS, Fahrer-, Beifahrer-
airbag
Preis: 250 €



Abb. 5.3: Ford Mondeo

Die ausgewählten Fahrzeuge wurden mit Hilfe der Mercedes S-Klasse und des Autotrailers vom Fahrzeugtechniklabor zur HTW transportiert um sie dort für den Crash vorzubereiten.

5.2 Vorbereitung des Anhängers

Der Anhänger des Fahrzeugtechniklabors hatte einige Vorschäden durch die vorangegangenen Crashtests. Das Kupplungsmaul war verbogen und musste erneuert werden (**Abb. 5.1**). Die Firma Thule stellte uns das benötigte Ersatzteil dabei kostenlos zur Verfügung. Der Anhänger hatte ebenfalls Schäden an den Bordwänden. Diese wurden gerichtet und neu befestigt. Die Position für den Halter des UDS



Abb. 5.4: Befestigung UDS Anhänger

wurde geändert um das System vor herumfliegenden Teilen beim Crash zu schützen (**Abb. 5.4**). Im Anschluss wurde die neue größere Crashplatte vor der Deichsel befestigt (**Abb. 5.5**). Des Weiteren wurden noch Aufkleber der verschiedenen beteiligten Firmen am Anhänger befestigt.



Abb. 5.5: Crashplatte – Vorder- und Seitenansicht

Das Gesamtgewicht des Anhängers muss laut Prüfungsvorschriften bei der Führerscheinprüfung BE etwa 800 kg betragen. Um dieses Gewicht bei dem Anhänger zu erreichen, wurden verschiedene einzelne Gewichte sowie ein Gestell auf die Ladefläche des Anhängers gestellt. Mit Hilfe von Radlastwagen (**Abb. 5.6**) wurde dann das Gesamtgewicht des Anhängers ermittelt, es betrug 790 kg (Stützlast 35 kg).



Abb. 5.6: Radlastwaage

Die Ladungssicherung des Gestells auf der Ladefläche des Anhängers wurde mit vier Spannbändern an den Bordwänden durchgeführt. Diese Sicherung des Gestells auf dem Anhänger ist so nicht ausreichend. Nach Absprache mit Prof. Rodewald soll im Crashtest aber gezeigt werden was eine ungenügende Ladungssicherung bei einem Unfall bewirken kann (**Abb. 5.7**).



Abb. 5.7: Anhänger für Crashtest

5.3 Vorbereitung der Fahrzeuge

Für den Crashtest müssen beide Fahrzeuge eine nicht lichtreflektierende Lackierung besitzen. Dies verhindert Spiegungen bei der Aufnahme des Crashtests mit den Hochgeschwindigkeitskameras. Im ersten Schritt wurden die Seitenscheiben der beiden Fahrzeuge ausgebaut um eventuelle Spiegelungen zu verhindern. Zusätzlich ist beim VW Golf die Heckscheibe entfernt worden, um einen freien Blick in das Innere des Golfhecks zu gewährleisten und dies auch filmen zu können.

Als Vorbereitung für die neue Lackierung wurden beide Fahrzeuge gesäubert und die alte Lackierung angeschliffen. Im Anschluss ist der neue RAL 2003 Seidenmatt Lack mit Hilfe von Rolle und Pinsel in mehreren Schichten aufgetragen worden (**Abb. 5.8**).



Abb. 5.8: Vorbereitung Lackierung VW Golf (li.), Ford Mondeo lackiert (re.)

Der nächste Schritt bei der Vorbereitung der Fahrzeuge war der Anbau einer Anhängerkupplung nach Herstellerangaben beim VW Golf (**Abb. 5.9**). Die Firma Thule hat die Kupplung für den Crash kostenlos zur Verfügung gestellt. Die elektrischen Komponenten der Kupplung sind nicht mit verbaut worden, da das Fahrzeug sich nicht im öffentlichen Straßenverkehr bewegt.



Abb. 5.9: Anhängerkupplung VW Golf

Um beim Crashtest die Gefahr eines Brandes zu reduzieren und die Crashbahn zu schützen, dürfen sich keine Flüssigkeiten während des Versuchs in den Fahrzeugen befinden. Hierfür wurde als erstes der Kraftstoff aus den Tanks der beiden Fahrzeuge entfernt. Im Anschluss sind das Motor-, Getriebe- und Servolenkungsöl sowie

Bremsflüssigkeit, Kühlflüssigkeit und Scheibenwaschmittel abgelassen worden (**Abb. 5.10**). Alle Flüssigkeiten wurden im Anschluss vorschriftsmäßig entsorgt. Beim Ford Mondeo ist noch zusätzlich das Klimamittel R134a abgesaugt worden.

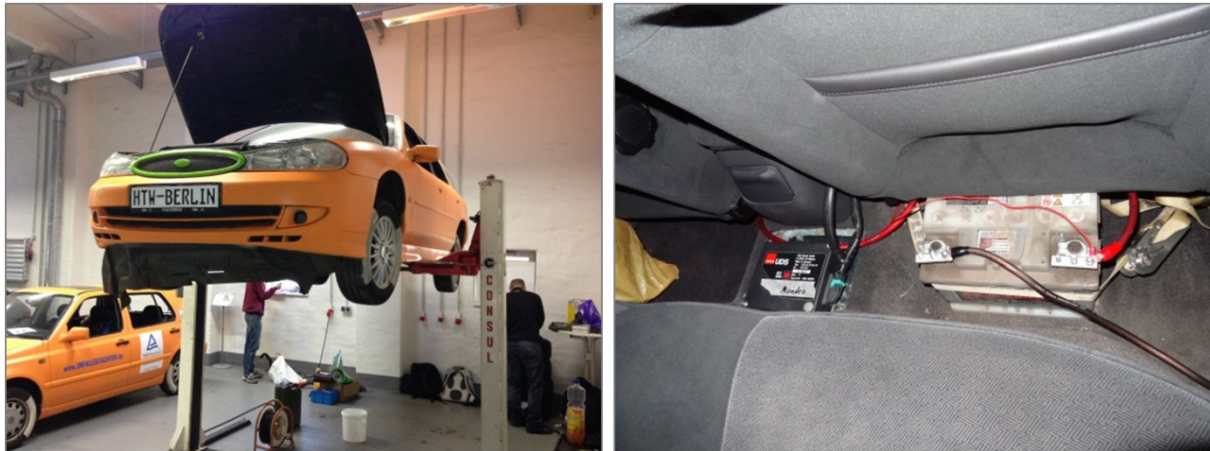


Abb. 5.10: Entsorgung Flüssigkeiten (li.), Befestigung Batterie und UDS

Die Batterien beider Fahrzeuge sind hinter die Beifahrersitze verlegt worden um eine Beschädigung während des Crashtests zu verhindern. Dafür wurde das Pluskabel vom Motorraum bis hinter die Sitze verlängert. Die Batterien wurden zur Sicherung mithilfe eines Spannbandes am Beifahrersitz befestigt (**Abb. 5.10**).

Die Versuchsfahrzeuge müssen für den Einsatz der Unfalldatenspeichern vorbereitet werden. Dazu werden die UDS-Geräte fest mit dem Fahrzeug verbunden und an den Kabelbaum angeschlossen, um die Eingangssignale, wie Zündung, Blinker, usw. abgreifen zu können.



Abb. 5.11: Befestigungsplatte (li.), Befestigungsplatte mit UDS verschraubt (re.)

Zur Befestigung im Fahrzeug wird ein Adapter benötigt, hier in Form einer Befestigungsplatte. Diese ermöglicht einen schnellen Aus- und Einbau, um zum Beispiel die Daten nach einem Crash schnell auslesen zu können, ohne das Gerät umständlich

von der Karosserie demontieren zu müssen. Dazu wird der Datenspeicher mit zwei Schrauben an der Befestigungsplatte arretiert (**Abb. 5.11**). Das passende Gegenstück zur Befestigungsplatte wird fest am Fahrzeug verschraubt (**Abb. 5.4**).



Abb. 5.12: UDS auf dem Mitteltunnel (li.), UDS am Anhänger mit Batteriepack (re.)

Anschließend müssen die UDS-Geräte Version 1.3 mit den Fahrzeugen verbunden werden. Die Firma Dr. Priester und Weyde stellte dafür die bereits präparierten Kabelbäume zur Verfügung. An einem Ende ist ein 26 pol Stecker und am anderen Ende sind alle Leitungen einzeln verfügbar. Beim Ford Mondeo wurde das v-Signal bzw. das Tachosignal benötigt, sowie das Zündungsplus- und das Dauerplus-Signal. Die passenden Leitungen/Farbcodes im Ford Mondeo wurden mit Hilfe der Fahrzeugkartei, eigentlich für den Laborversuch „UDS“ im Fach Kraftfahrzeugtechnik angelegt, auffindig gemacht. Der UDS im Ford Mondeo, als auch im VW Golf wurden auf dem Mitteltunnel angebracht. Beim Anhänger ist dieser auf der Deichsel befestigt worden (**Abb. 5.12**). Dies entspricht nicht den Herstellervorgaben, aber ermöglichte eine gute Zugänglichkeit. Diese ist notwendig, da kurz vor der Durchführung des Versuches alle UDS-Geräte zeitlich aufeinander angeglichen werden. Die tatsächlichen Positionen im Fahrzeug mussten noch im Gerätepass korrigiert werden. Das Verfahren wurde für alle Fahrzeuge und Dummies wiederholt. Der Anhänger und die Dummies haben kein Tachosignal und verfügen über keine eigene Stromversorgung. Dazu wurden Batteriepacks verwendet, die diese Aufgabe übernehmen. Ein einfacher Kippschalter initiiert dabei die Zündung. Das v-Signal entfällt und wurde nicht angeschlossen.

Beim Ford Mondeo wurde zusätzlich ein externer Geschwindigkeitssensor am rechten hinteren Rad angebracht. Über diesen Sensor kann das UDS die genaue Aufprallgeschwindigkeit des Ford Mondeo beim Versuch feststellen. Um die Funktion des Sensors zu gewährleisten, musste er mithilfe einer UDS Software eingelesen und

angelernt werden. Auf die Reifen der beiden Fahrzeuge wurden noch zusätzliche weiße Markierungen gesprüht, um bei der späteren Auswertung der Filme die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge nachvollziehen zu können.

Die letzten Schritte bei der Vorbereitung der Fahrzeuge waren das Überprüfen der Luftdrücke der Reifen bei den Fahrzeugen, das Wiegen sowie das Bekleben beider Fahrzeuge mit Sponsorenaufklebern (**Abb. 5.13**).

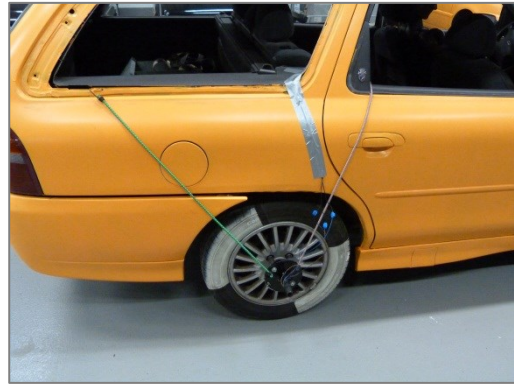


Abb. 5.13: Externer Geschwindigkeitssensor



Abb. 5.14: Crashfahrzeuge VW Golf und Ford Mondeo

5.4 Beschaffung der Dummies



Abb. 5.15: Transport der Dummies

Die Unfallsituation soll so nah wie möglich an der Realität stattfinden. Im Zuge dessen werden Crashtest Dummies benötigt. Diese simulieren in dem Zugfahrzeug, die drei Insassen: Fahrschüler (v.l.), Fahrlehrer (v.r.) und Fahrprüfer (h.l.). In Summe werden insgesamt vier Dummies benötigt, drei für den „Fahrschulwagen“ und einer für den auffahrenden PKW. Zwei Dummies wurden vom Unfallgutachter Weyde und die restlichen als Leihgabe von der TU Berlin zur Verfügung gestellt. **Abb. 5.15** zeigt den

Transport der Dummies vom Unfallgutachter Weyde zur HTW- Berlin.

Dabei handelt es sich um insgesamt zwei Dummies, einen 95% Mann und eine 50% Frau. Die Dummies werden für die Versuche komplettiert und mit den nötigen UDS-Geräten ausgestattet. Nach dem Montieren der Extremitäten am Rumpf, werden die Versuchsdummies auf die jeweiligen Sitzplätze der Crashfahrzeuge positioniert und ordnungsgemäß angegurtet. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Versuchsdummies auf ihren zugeordneten Sitzplätzen. Der 95% Mann simuliert in diesem Versuch den Fahrprüfer und muss dementsprechend auf die hintere Sitzbank im VW Golf positioniert werden, während die 50% Frau als Fahrerin des Ford Mondeo eingesetzt wird (**Abb. 5.16**).



Abb. 5.16: Dummies auf Fahrerpositionen

5.5 Transport der Crashfahrzeuge zur Crashbahn

Sind die Vorbereitungen der Versuchsfahrzeuge an der HTW Berlin abgeschlossen, stehen diese nun zum Abtransport zur Crashbahn bereit. Der Transport erfolgt in Eigenregie und mit dem hochschuleigenen Laborfahrzeugen (Mercedes S-Klasse und Anhänger). Dazu müssen sie von der HTW Berlin zur Crashanlage der TU Berlin in der Gustav-Meyer-Allee 25 transportiert werden. **Abb. 5.17** zeigt die verladenen Fahrzeuge auf dem Trailer.



Abb. 5.17: Transport der Versuchsfahrzeuge

6 Versuchsdurchführung

In Kapitel 6 werden die durchgeführten Vorbereitungen für den Crashtest dargestellt und erläutert.

6.1 Crashbahn TU-Berlin

Auf der 75 m langen Crashbahn können Fahrzeuge bis zu einer Masse von 1100 Kg mit einer geregelten Geschwindigkeit von 100 km/h und Fahrzeuge bis 2000 Kg mit einer geregelten Geschwindigkeit von 72 Km/h gegen verschiedene Barrieren gezogen werden. Angeschleppt werden die Versuchsfahrzeuge von einem 750 KW starken hydraulischen Antrieb.

Die Crash-Anlage bietet die Möglichkeit alle gängigen Crashtests durchzuführen.

Zur Insassen-Simulation stehen verschiedene Dummies (HYBRID III, EUROSID, US-SID) zur Verfügung. [42]

6.2 Vorbereitung der Fahrzeuge auf der Versuchsanlage

Nachdem alle Versuchsfahrzeuge zur Crashbahn transportiert wurden beginnt die Vorbereitung für den Crashtest. Dazu wird an dem auffahrenden Ford Mondeo die Kette für den Führungsschlitten angeschweißt und die Spur eingestellt, damit dieser während der Beschleunigung spurtreu bleibt, also nicht abdriftet und möglichst mittig auf den Trailer trifft. Die **Abb. 6.1** zeigt den Führungsschlitten links und rechts die Führungskette, in dem die Kette eingehängt wird.



Abb. 6.1: Führungsschlitten (li.), Unterboden Ford Mondeo (re.)

Danach kann mit der Positionierung der Versuchsfahrzeuge gemäß Crashbedingung begonnen werden. Die beiden PKW (VW Golf und Ford Mondeo) wurden oberhalb der Crashbahn angeliefert und müssen mit Hilfe eines Hebekrans auf die Versuchsanlage gehoben werden (s. **Abb. 6.2**). Der Versuchsanhänger wird direkt auf die Crashbahn transportiert.



Abb. 6.2: Heben des Ford Mondeo auf die Anlage

Der VW Golf wird so positioniert, so dass dieser im Abstand von 0,5 m vor der Crashwand steht. Der beladene Anhänger wird direkt an das Zugfahrzeug angehängt. Die nachfolgende **Abb. 6.3** zeigt die einzelnen Positionierungen der Fahrzeuge.



Abb. 6.3: Positionieren der Versuchsfahrzeuge

Der Ford Mondeo wird vorerst in die Gesamtcrashkonstellation mit einbezogen, damit die Richtige Auswahl der Kamerapositionen ausgewählt werden kann. Der Ford wird am Tag des Crashtests in seine Ausgangsposition geschoben. Die **Abb. 6.4** zeigt die fertig ausgerichteten Versuchsfahrzeuge in der Gesamtübersicht.



Abb. 6.4: Gesamtübersicht Versuchsfahrzeuge

Als Messmittel zur Erfassung der Zielgeschwindigkeit von 50 km/h kam eine Laserlichtschrankenanlage zum Einsatz. Die Anlage beinhaltet den Laser, den Reflektor und das Zeitmessgerät. Die Laserlichtschranke besteht aus zwei nebeneinander angeordneten Reflexionsschranken. Sobald die Lichtschranke des ersten Lichtschrankenpaares ausgelöst wird, erhält die Zeitmeseinheit ein Startsignal. Wird die zweite Lichtschranke in einem bekannten Abstand durchbrochen, so wird die Zeitmeseinheit gestoppt. Aus der Zeit, die zwischen den beiden Schranken vergangen ist, wird nun die Geschwindigkeit errechnet. Die Messgeräte werden richtig positioniert und konfiguriert. In der **Abb. 6.5** sind der Laser und der Reflektor in den jeweiligen Messpositionen dargestellt.



Abb. 6.5: Position der Laserlichtschranke

Eine Nebenbedingung des Crashtests ist das Untersuchen von Restpartikeln von ausgelösten Airbags und von Restspuren des Gurtes. Dazu werden die Dummies mit

neuer, ungetragener Kleidung bekleidet. **Abb. 6.6** links zeigt die von der TU Berlin zur Verfügung gestellten Dummies, rechts beim Bekleiden der ungelenkigen Versuchspersonen.



Abb. 6.6: Dummies der TU Berlin (li.), Bekleiden der Dummies (re.)

Anschließend können die bekleideten Dummies endgültig in die Fahrzeuge verteilt werden. Drei von Ihnen sitzen, wie bereits erwähnt, im Fahrschulwagen und einer im auffahrenden Ford Mondeo. Die **Abb. 6.7** zeigt die Dummies im Fahrschulwagen, links in der Abbildung der Fahrlehrer mit seinem Fahrschüler (vorn) und rechts der Fahrprüfer (hinter rechts).



Abb. 6.7: Bekleidete Dummies im Fahrschulwagen

Als zusätzliche Beladung wurden leere Wasserkästen befüllt und in den Kofferraum des Ford Mondeo gestellt. Dabei soll beobachtet werden wie sich die vollen Getränkeflaschen bei einem Auffahrunfall verhalten. Als Abschluss der gesamten Vorbereitungsphase wurde eine Checkliste für den Tag des Crashtests erstellt. Diese beinhaltet die zu erledigenden Prüfpunkte kurz vor dem Versuch.

Des Weiteren wurden die Dummies mit den UDS Geräten ausgestattet. Die UDS-Geräte Version 2.0 sind in der Brust zweier Dummies verbaut (Abb. 6.8). Einer auf dem Fahrersitz im Ford Mondeo und der andere auf der Position des Fahrprüfers hinten im VW Golf. Sie werden analog zum Anhänger angeschlossen.



Abb. 6.8: UDS 2.0 in der Brust des Dummies

Nachdem die Hardware fertig vorbereitet ist, muss noch der Gerätepass im Datenspeicher angelegt werden. Dieser gibt Auskunft darüber, in welchem Fahrzeug/Dummy dieser verbaut ist und andere wichtige Informationen, wie die Einbaulage im Fahrzeug (dort wird angegeben wo „vorne“ ist) oder an welcher Position der UDS im Fahrzeug verbaut ist. Um die gespeicherten Daten einsehen oder den Gerätepass ausfüllen zu können wird aber die Auswertesoftware UDSscience benötigt. Diese

funktioniert nur mit einem Dongle (Hardkey/USB-Stick mit Lizenz-Code) der im Fahrzeuglabor zur Verfügung steht.

Die Prozedur ist im weiteren Verlauf simpel und selbsterklärend. Die Zündung muss eingeschaltet sein, dann im Menü auf „Bearbeiten“ und „Kommunikation starten“ wählen und den Gerätepass erstellen. Danach den weiteren Anweisungen der Software folgen.

Vor dem eigentlichen Crashtest (eine Stunde vorher) müssen die Uhrzeiten angleichen und die Speicher gelöscht werden. Danach werden die Geräte eingebaut und gegebenenfalls mit den Batteriepacks verbunden. Zehn Minuten vor dem Start werden die Zündungen/Kippschalter eingeschaltet.

6.3 Kameraeinstellungen

Da die Anzahl der Hochgeschwindigkeitskameras begrenzt ist, muss sich die Ausrichtung auf die für die Auswertung interessanten Bereiche konzentrieren. Daher lag das Augenmerk vor allem auf dem Kuppelbereich zwischen VW Golf und Anhänger. In diesem Bereich war auch die neu entwickelte Schutzplatte montiert, deren Funktionsfähigkeit getestet werden sollte. Der zweite Bereich lag auf dem Anhänger und



Abb. 6.9: Zentrale Einheit zur Verarbeitung der High-Speed-Aufnahmen

sollte im Gesamten dargestellt werden, um Aufschluss darüber zu geben wie sich der Anhänger bzw. die Ladung beim Aufprall des Ford Mondeo verhält.

Zur Einrichtung der Hochgeschwindigkeitskameras wurden die Echtzeit-Aufnahmen an eine zentrale Einheit übertragen und auf einem Monitor konnte dann die genaue Ausrichtung kontrolliert werden (**Abb. 6.9**).



Abb. 6.10: Ausrichten der Kameras

Abb. 6.10 zeigt die Ausrichtung der eingesetzten Kameras mit zugehöriger Standbildaufnahme vor dem Crash. Die Kameras 1-3 werden über eine so genannte Triggerplatte gestartet (**Abb. 6.11**). Diese ist ein Meter vor dem Aufprall auf dem Boden fixiert und löst beim Überfahren die Kameras aus.

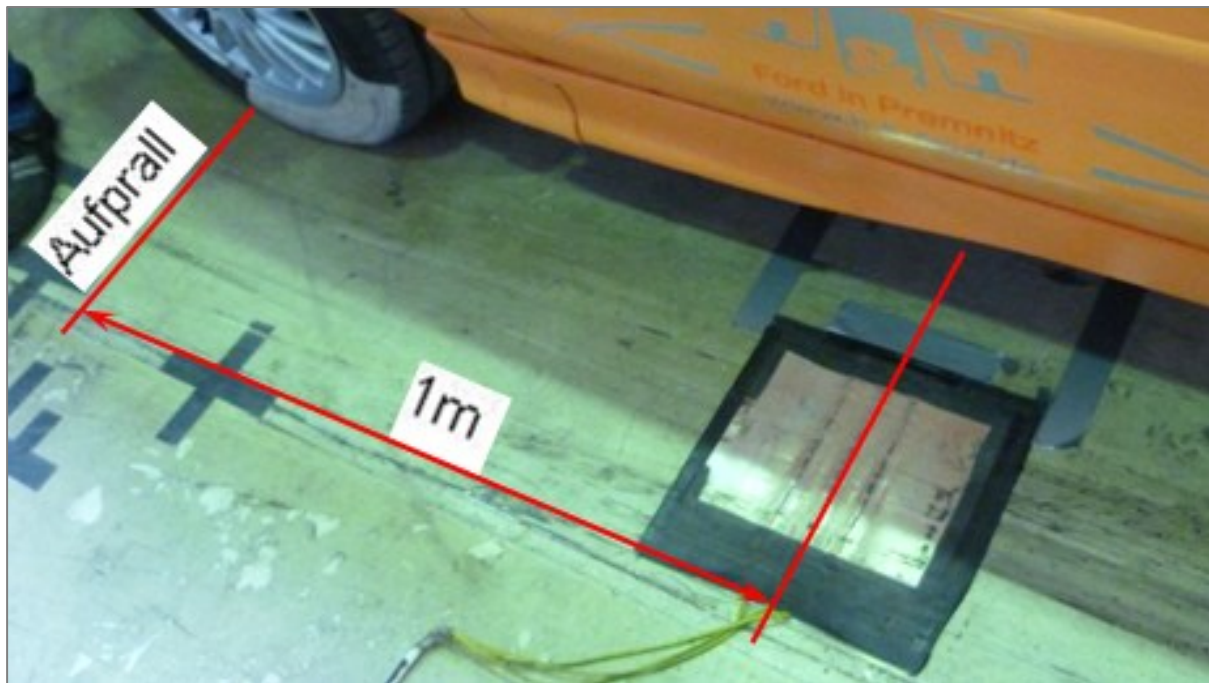


Abb. 6.11: Position der Triggerplatte

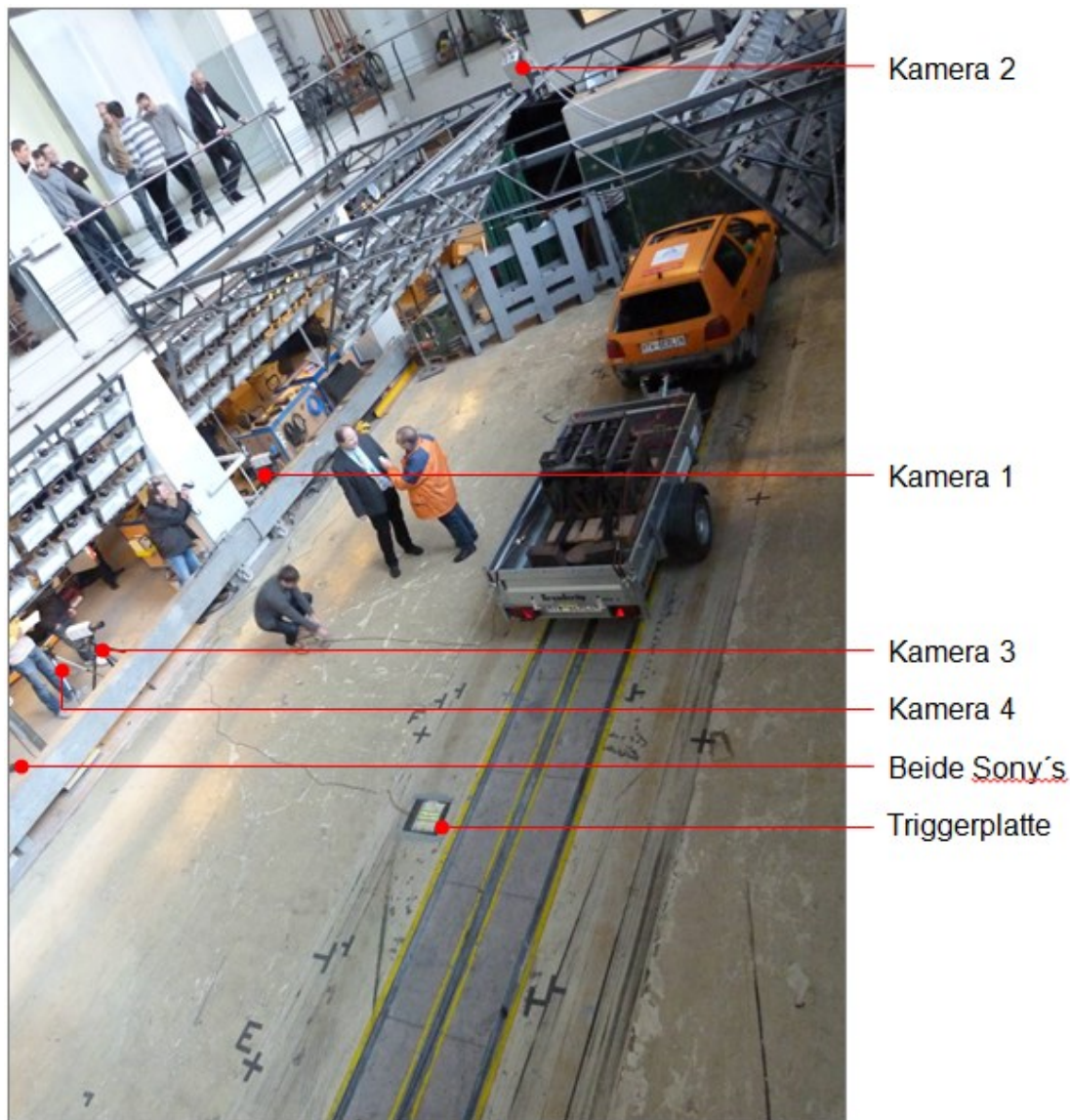


Abb. 6.12: Position aller eingesetzten Kameras

- Kamera 1 Redlake HG-100K – aufgestellt in etwa 0,8 m Höhe vom Boden (v.B.)
- Kamera 2 Redlake HG-100K – aufgestellt in etwa 5,0 m Höhe v.B.
- Kamera 3 Redlake HG-100K – aufgestellt in etwa 1,0 m Höhe v.B.
- Kamera 4: Casio Exilim – aufgestellt in etwa 1,0 m Höhe v.B.
- Canon DSLR EOS 600 – aufgestellt in etwa 5,5 m Höhe v.B.
- Sony DSC-HX9V – aufgestellt in etwa 0,7 m Höhe v.B.
- GOPRO HD Hero 2 – montiert auf dem Beifahrersitz des Ford Mondeo
- Sony Camcorder HDR PJ 260 VE – aufgestellt in etwa 0,7 m Höhe v.B.

Der gesamte Versuchsaufbau lässt sich gut aus dem Blickwinkel der EOS 600 darstellen (**Abb. 6.12**). Diese zeichnete den Versuch in Echtzeit auf und wurde an dem Geländer eine Etage über der Crashbahn montiert. Die beiden Sony-Kameras für die Echtzeitaufnahmen wurden auf der Leitplanke positioniert und so konnte auf ein Stativ verzichtet werden. Bis auf die drei Kameras von Redlake werden alle anderen Kameras von einem Bediener per Hand ausgelöst.

6.4 Crashtestdurchführung

Der Crashtest fand am 7. Dezember 2012 auf der Crashbahn der TU Berlin statt. Nach Eintreffen aller geladenen Zuschauer hielt Prof. Rodewald einen Einleitungsvortrag (s. Daten-Disk), in dem die Crashtestsituation beschrieben und auf die Problematik eines Anhängeraufpralls eingegangen wurde. Weiterhin zeigte Prof. Rodewald die Aufzeichnungen der Crashtests aus den Vorjahren und erläuterte die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchen und das Ziel dieses Crashversuchs.

Anschließend wurden die letzten Vorbereitungen für den Crashtest getroffen. Der Ford Mondeo wurde an das Ende der Anlaufstrecke geschoben und mit der Beschleunigungsschiene der Anlage verbunden. Bei den Versuchsfahrzeugen wurden die Zündungen eingeschaltet und die Handbremsen gelöst. Die Triggerplatte wurde in Position gebracht und die Laserlichtschranke wurde eingeschaltet. Nach der Kontrolle der Dummies wurden die UDS eingelesen und auf Funktion überprüft. Der Abschluss aller Vorbereitungen wurde Herrn Glatt mitgeteilt, der daraufhin die Beleuchtungsanlage einschaltete, sodass die Kameras ordnungsgemäß die Bilder aufnehmen konnten. Nachdem alle Projektteilnehmer die Crashbahn verlassen hatten, konnte der Versuch gestartet werden.

7 Versuchsergebnisse

Der Crashtest ist dank der guten Organisation und Vorbereitung problemlos verlaufen. Der Ford Mondeo ist mit 50,9 km/h (von der Lichtschranke gemessen) auf den Anhänger, wie geplant, aufgefahren.

Die Schutzplatte verhinderte das Eindringen der Anhängerdeichsel erfolgreich und somit waren die Insassen auf der Rückbank vor der eindringenden Deichsel geschützt. Die Platte stützte sich auf dem Querträger der Anhängerkupplung ab und konnte somit die eingeleitete Kraft des Stoßes auf diesen und die Deichsel umleiten. In **Abb. 7.1** sind der VW Golf nach dem Crash und die Eindringtiefe der Deichsel abgebildet.



Abb. 7.1: VW Golf nach Crash (li.), Eindringtiefe Deichsel (re.)



**Abb. 7.2: Anhängerkupp-
lung nach Crash**

Die Anhängerkupplung bog sich aufgrund des Versagens der unteren Befestigungsschraube (s. **Abb. 7.2**) nach oben, sodass ein Abstützen am Querträger ohne angebrachte Schutzplatte nicht stattgefunden hätte und die Deichsel in den Innenraum eingedrungen wäre. **Abb. 7.3** zeigt das Heck des VW Golf und die beschädigte Schutzplatte. Die Eindrückstellen am Querträger sowie die dunkel verfärbten Stellen an der Platte lassen auf die Berührungspunkte zwischen Querträger und Schutzplatte schließen.



Abb. 7.3: Heck VW Golf (li.), Schutzplatte (re.)

Die Ladung hat sich durch ihre unzureichende Sicherung vom Anhänger gelöst. Das größte Metallteil flog nahezu ungehindert von dem Anhänger und deformierte das Zugfahrzeug stark am Heck. In einer realen Kreuzungssituation wäre das Metallteil auf der Gegenfahrbahn zum Liegen gekommen und hätte dort einen weiteren Unfall hervorrufen können. Die Endposition der Ladung befand sich links neben dem VW Golf auf Höhe der Hinterachse (s. **Abb. 7.4**). Positiv hinzufügen ist, dass alle Airbags bei den beiden Versuchsfahrzeugen auslösten und die Fachkräfte vom LKA die geplante Spurensicherung durchführen konnten.



Abb. 7.4: Endlage der Ladung (li.), Spurensicherung (re.)

8 Fahrzeugvermessung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Koordinatenvermessung der Versuchsfahrzeuge. Um Aussagen über das Deformationsverhalten sowie die einwirkenden Kräfte zu erhalten, sollten die Fahrzeuge vor und nach dem Crash vermessen werden. Durch eine geeignete visuelle Darstellung der Messungen sollte zum einen das Deformationsverhalten der Fahrzeuge vermittelt werden. Zum anderen wurden die Messdaten verwendet, um Aussagen über das deformierte Volumen der Fahrzeuge zu erhalten, die wiederum einen Rückschluss auf die erfolgte Deformationsenergie zulassen.

Im Folgenden wird erläutert, welche Mess- und Auswertehilfsmittel verwendet wurden, wie die Vermessung der Fahrzeuge durchgeführt wurde und wie die Auswertung der Messdaten erfolgt ist.

8.1 Verwendete Messmittel

Ein geeignetes Mittel einen realen Gegenstand zu vermessen und anschließend in eine virtuelle Datei zu überführen ist der Faro-Messarm.

Abb. 8.1 stellt einen Faro-Messarm dar. Dieser wird vor Beginn der Messung auf ein Gestell aufgebracht, das wahlweise am Boden fest fixiert werden kann oder durch Anbringen von Gewichten seinen Standpunkt beibehält. Nach Festlegung des Standortes kann das zu messende Objekt abgetastet werden. Um das Abtasten so umstandslos wie möglich zu gestalten ist der Messarm um insgesamt fünf Achsen drehbar. Beginnend bei der Hochachse am Aufsatz zum Gestell, über die drei blau gestalteten



Abb. 8.1: Faro Messarm [24]

Knickachsen, entsprechend dem Bild, und eine weitere Drehachse kurz vor der Knickachse der „Tastpistole“.

Abgetastet wird mit einem kugelförmigen Tastkörper, den es in zwei verschiedenen Größen gibt um unterschiedliche Genauigkeiten realisieren zu können. Soll eine Messung vorgenommen werden, so wird der Messarm an das Objekt herangeführt

und durch Betätigung der grünen Taste aktiviert und mittels roter Taste wieder deaktiviert. Der Aktionsradius des fixierten Messarms beträgt in der normalen Variante bauartbedingt 1,5 m.

8.2 Verwendete Software

Cam2Measure ist die zum Faro-Messarm dazugehörige Software. Sie ist die Schnittstelle zwischen realem Messobjekt und virtueller Darstellung. Dieses Programm ist, ähnlich wie diverse Programme für Computer Aided Design (CAD), eine in der Industrie weit verbreitete Software. Es ermöglicht die getätigten Messungen in korrektem Maßstab in das virtuelle System einzufügen, sodass im Nachhinein eine Punktwolke aus allen Messpunkten entsteht. Somit können ganze Fahrzeuge virtuell vermessen und dargestellt werden. Der zuvor angesprochene Aktionsradius von ausschließlich 1,5 m stellt dabei kein Problem dar, da die Software ein ständiges Verschieben des Messarms ermöglicht. Darüber hinaus bietet Cam2Measure eine Vielzahl von weiteren Funktionen an, die jedoch von einem Anwender allein nicht abgedeckt werden können. So wurden auch bei der Vermessung der Crashfahrzeuge nur einige Standardvorgänge genutzt. Nach Abschluss der Vermessung gibt es die Option die Messung als diverse andere Dateien abzuspeichern. Eine bei der Crashmessung durchgeführte Option war die Umwandlung in eine CATIA-Datei mit deren Hilfe die Messung weiter verarbeitet wurde.

Zur Bearbeitung der Messdaten wird das Programm CATIA V5 von der Firma Dassault Systems eingesetzt. Die Firma ist einer der Marktführer im Bereich CAD. Insbesondere im Fahrzeugbau findet das Programm hohe Verwendung. Durch seine Anwendung ergeben sich Möglichkeiten, ähnlich wie bei Cam2Measure, Objekte virtuelle darzustellen, jedoch mit dem Unterschied, dass eine reelle Vermessung nicht Voraussetzung ist. Anhand jener Darstellungen können Abmessungen bestimmt oder Simulationen vollzogen werden. In Zusammenhang mit der Crashvermessung wurde es genutzt um vom Faro-Messarm aufgenommene Daten zu erfassen und weiterzuverarbeiten. Dabei sind die Messpunkte über den Messarm auf Cam2Measure übertragen und im Anschluss bei CATIA hochgeladen worden. Die daraus resultierende Punktwolke kann in CATIA berechnet und zu einem 3D-Modell umgeformt werden. So ergibt sich die Möglichkeit durch CATIA die Fahrzeuge vor und nach dem Crash als 3D-Modelle darzustellen und miteinander zu vergleichen. Dabei können sie über-

einander gelegt und Differenzen im Volumen ausfindig gemacht werden, was als Grundlage zur Berechnung der dort wirkenden Kräfte dient. Im nachfolgenden Kapitel „Vermessung der Fahrzeuge vor dem Crash“ wird genauer auf die Auswertung dieser Modelle eingegangen.

8.3 Vermessung der Fahrzeuge vor dem Crash

Das hängerführende Crashfahrzeug war der VW Golf. Da es sich hierbei um einen symmetrischen Körper handelt, konnte zur Halbierung des Messaufwandes die Vermessung auf eine Seite beschränkt werden.

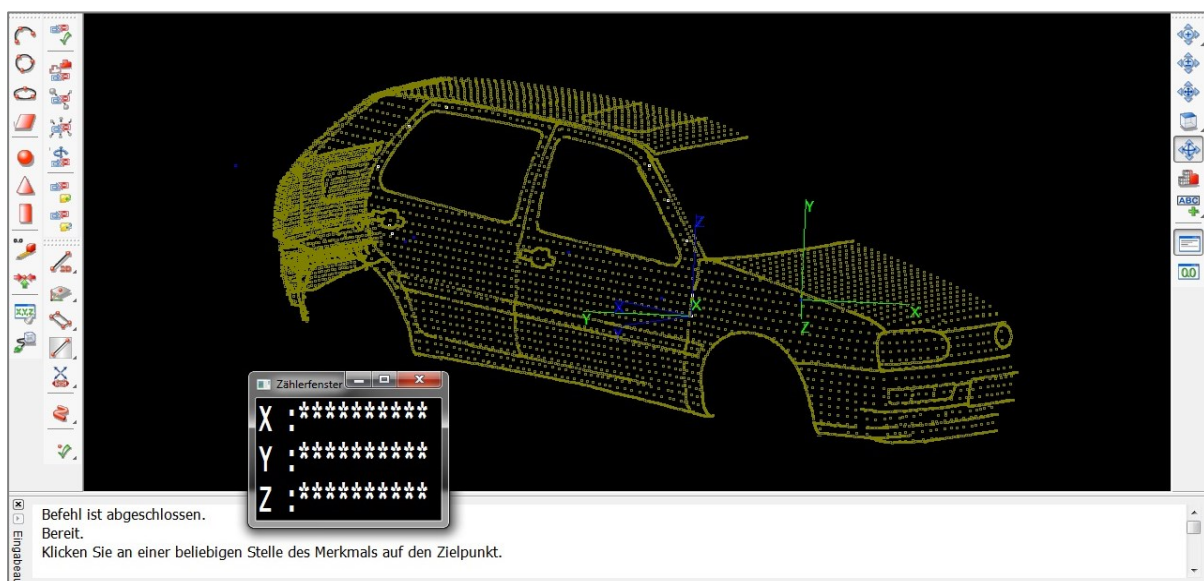


Abb. 8.2: Punktwolke VW Golf Front

Vor Beginn der eigentlichen Messung müssen noch vereinzelte Messpunkte am Fahrzeug aufgenommen werden, um die Position des Messarms bei Umstellung des Geräts bzw. Ab- und Aufbau der gesamten Messeinrichtung wieder herzustellen. Dieser Vorgang, auch als Kalibrieren bekannt, wird bei jeder Neupositionierung des Messarms vorgenommen. Dafür wurden in diesem Fall fünf Referenzpunkte am Fahrzeug gekennzeichnet und aufgenommen. Fünf neue Referenzpunkte erfolgten dann mit jeder Neupositionierung des Messarms, wobei das Gerät nur so weit von den zuletzt bestimmten Referenzpunkten entfernt werden konnte, dass diese noch mit dem Messarm erreichbar waren. So konnte durch insgesamt fünfmalige Umpositionierung die komplette rechte Hälfte des Fahrzeugs erfasst werden. **Abb. 8.2** verdeutlicht wie bei der Messung vorgegangen wurde. Zuerst erfolgten die Konturlinien des Fahrzeugs. Sie dienen dazu dem Betrachter transparent zu machen wie die

Form des Objekts aussieht und erleichtern die Betrachtung vielzähliger Punkte im dreidimensionalen Raum. Dies war unter Zuhilfenahme des Befehls „Konturen“ möglich. Er wird aktiviert durch das Kreuzsymbol (drittes von unten) an der linken Seite vom Bildschirmrand. Konturen des Fahrzeugs können dann erfasst werden indem die grüne Taste gedrückt gehalten wird solange wie mit der Messpistole an der Kontur entlang gefahren wird. Sind alle Konturen in Cam2Measure übertragen worden, so ist es daraufhin notwendig die zwischen den Konturen liegenden Flächen zu vermessen. Durch Verwendung des Befehls „Punkte auf Ebene“ (Messung → Scannen → Punkte auf Ebene) war dies möglich. Dabei wurden virtuelle Ebenen in definierten Abständen, bezogen auf das Ursprungskoordinatensystem, mit vorgegebenem Offset, erstellt. Durch diese nicht sichtbaren Ebenen fuhr die Messpistole mit ihrer Tastkugel hindurch, sodass die Software für jeden Berührungspunkt der Tastkugel mit einer virtuellen Ebene einen Messpunkt erstellte. Zu berücksichtigen ist welche Ebene gewählt werden muss. Um ein horizontales Objekt am Fahrzeug zu vermessen, wie beispielsweise die Motorhaube, sind ausschließlich vertikal angeordnete Ebenen sinnvoll, da hierbei beim Abfahren der Haube sehr viel mehr Messpunkte entstehen als bei horizontalen Ebenen. Umgekehrt muss bei den Türen vorgegangen werden. Da sie vertikal verbaut sind, bedarf es hier horizontaler Ebenen zur Erlangung der Messpunkte. Sowohl für die horizontalen als auch vertikalen Ebenen wurden jeweils über 200 Stück jener Ebenen eingesetzt, mit einem Abstand von 40 mm zu einander. Besondere Aufmerksamkeit galt dem Heck des Fahrzeugs. Hier ist der Querträger der Anhängerkupplung verbaut, an dem sich nach Möglichkeit die Schutzplatte sich abstützen soll. Infolgedessen wird der Querträger einer Kräfteinwirkung unterzogen, genauso wie die Heckklappe des Fahrzeugs, da hier ein Teil der Anhängerdeichsel eindringen kann. Aus diesem Grund wurde die Dichte der Ebenen vergrößert und der Abstand auf 20 mm zu einander verringert. Dies ist deutlich an der kräftiger gelb wirkenden Heckpartie in **Abb. 8.3** zu erkennen, was diesen Anschein aufgrund der dichteren Punktwolke erweckt.

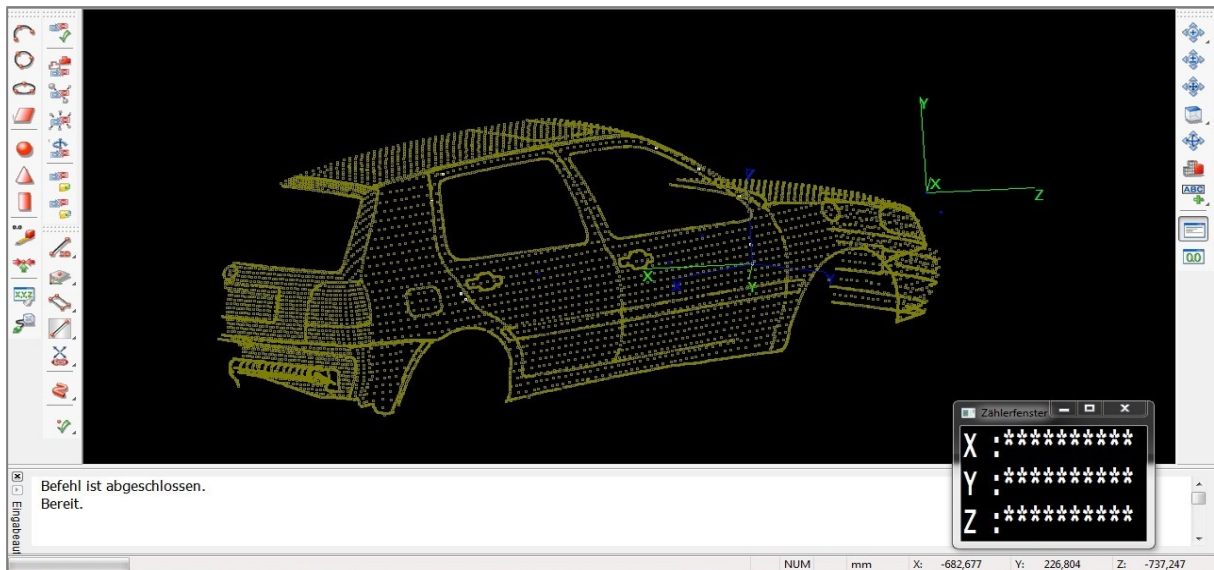


Abb. 8.3: Punktwolke VW Golf Heck

Der Ford Mondeo als auffahrendes Fahrzeug auf das Anhängergerespenn wurde ebenfalls vermessen. Die Aufnahme des Fahrzeugs in die Software gestaltete sich etwas einfacher, denn hieran mussten nur Punkte an der Front des Fahrzeugs aufgenommen werden. Dies ersparte eine mehrfache Versetzungen des Messarms und das damit verbundene Neukalibrieren, sowie viele Konturen- und Flächenvermessungen der Seiten- und Heckpartie. Bezüglich Konturen und Messpunkte der Flächen wurde genauso verfahren wie beim VW Golf zuvor. Es wurden wieder gezielt Ebenen aufgestellt mit einem Abstand von 40 mm in vertikaler und horizontaler Position. Auch hier konnte die Vermessung aufgrund der Symmetrie auf die rechte Seite des Fahrzeugs beschränkt werden.

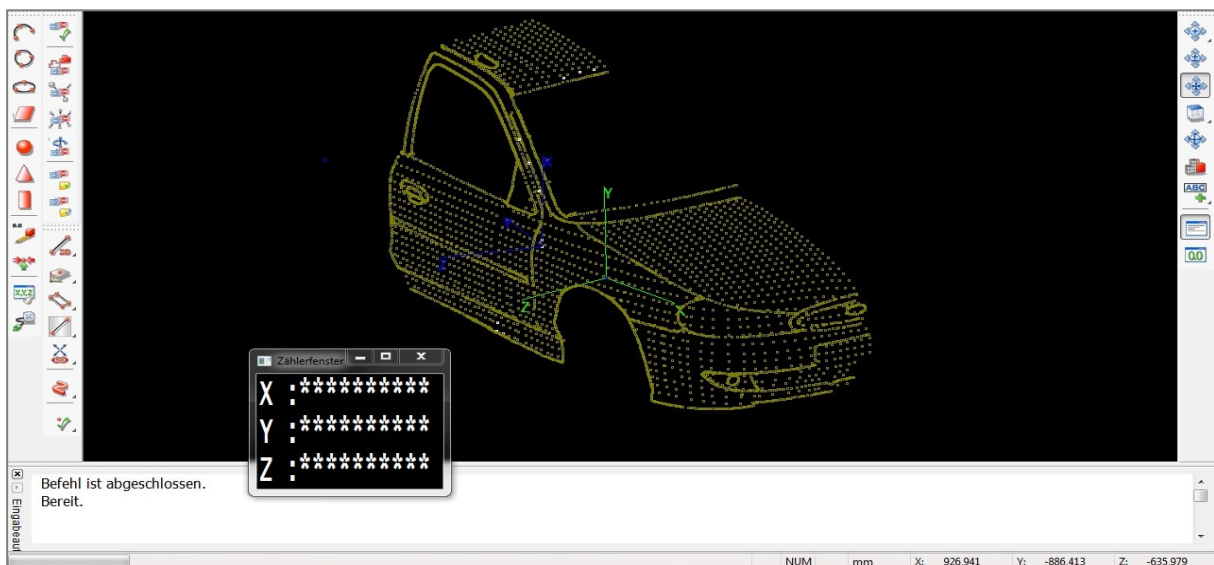


Abb. 8.4: Ford Mondeo Front

8.4 Vermessung der Fahrzeuge nach dem Crash

Die zweite Vermessung des VW Golf war mit einem höheren Aufwand verbunden als die erste. Ausschlaggebend war, dass durch den Aufprall des Anhängers und den Aufprall des rollenden Fahrzeugs an der Crashwand der Wagen so verformt wurde, dass eine Symmetrie nicht mehr gegeben war. Somit musste das gesamte Fahrzeug vermessen werden. Dazu wurden die, aus der ersten Messung, festgelegten Referenzpunkte erneut verwendet. Allerdings sind zum Vermessen der linken Fahrzeugseite an genannter Seite neue Referenzpunkte zu erstellen. Vermessungstechnisch wurde hier genauso agiert wie zuvor. Die erhöhte Ebenendichte am Heck des Fahrzeugs wurde ebenfalls wieder berücksichtigt.

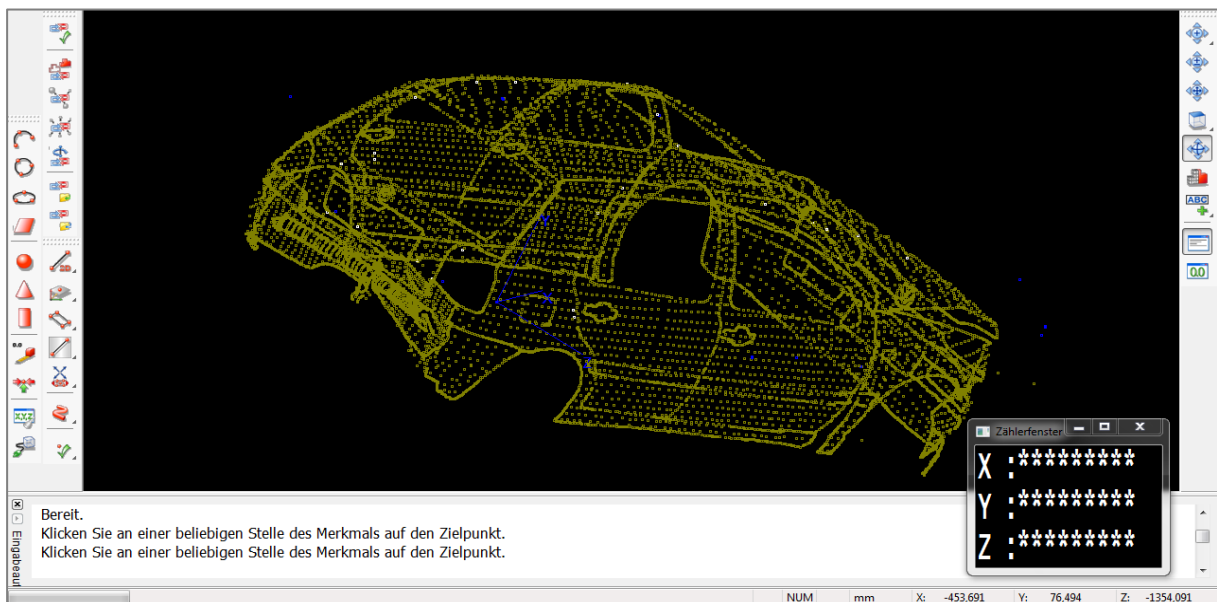


Abb. 8.5: VW Golf Heck nach Crash

Da der Ford Mondeo mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h auf das stehende Gespann auffuhr, nahm das Fahrzeug einen Großteil der Energie auf. Bedingt durch die leicht verformbaren, unterschäumten Verkleidungsteile, war abzuschätzen wie beim Vermessen bestmöglich vorgegangen werden soll. Besagte Verkleidungsteile bestanden zu einem Großteil aus Kunststoff und haben daher nicht viel Energie aufgenommen. Um möglichst sinnvolle Werte zu erlangen, wurden gezielt Überreste der Verkleidung entfernt und Messungen an den dahinterliegenden Blechen vorgenommen. Angesichts der Tatsache, dass diese Bleche die Hauptkraft aufnahmen, ist davon auszugehen hierbei einen relevanten Wert für die Verformung zu erlangen. Darauf folgend wurden Motorhaube und die restlichen Bereiche der Fahrzeugfront ver-

messen. Unter Beachtung der nun nicht mehr gegebenen Symmetrie war an dieser Stelle, wie beim VW Golf, eine Vermessung beider Fahrzeugseiten notwendig.

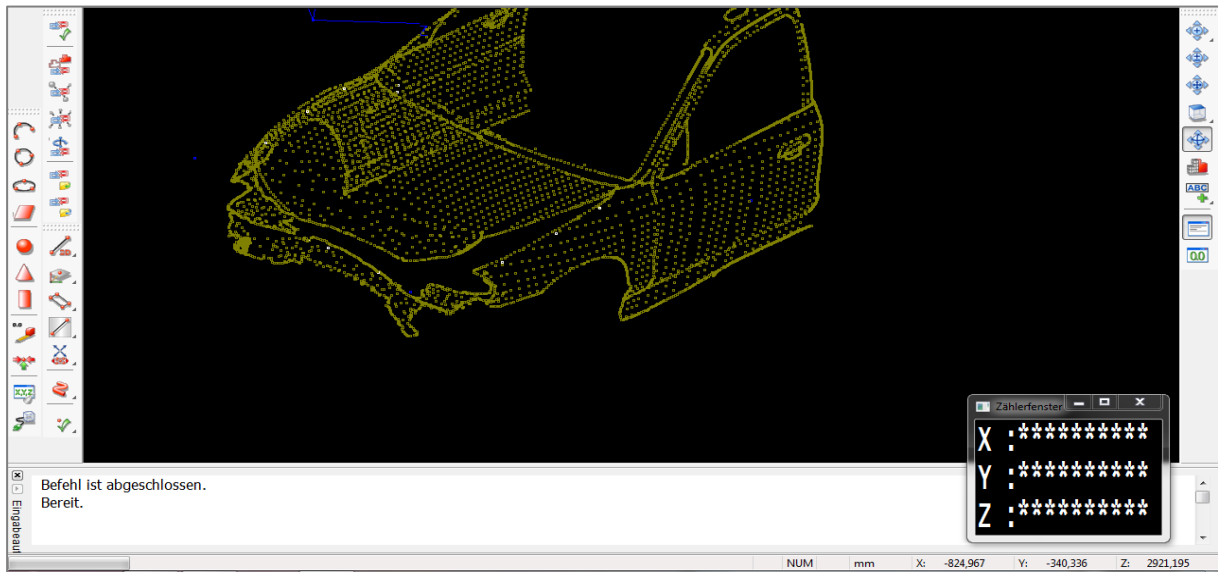


Abb. 8.6: Ford Mondeo Front nach Crash

9 Berechnung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Berechnung der Kraftereinleitung auf die Versuchsfahrzeuge. Sie erfolgt mit physikalischen Zusammenhängen aus der Fahrzeugtechnik und einer Simulation.

9.1 Vorberechnung

Tab. 9.1: Massen und Anfangsgeschwindigkeit

	Masse in kg	Anfangsgeschwindigkeit in km/h
Ford Mondeo	$m_M = 1485$	$v_{M0} = 50$
VW Golf	$m_G = 1300$	$v_{G0} = 0$
Anhänger (Schutzplatte montiert)	$m_A = 305$	$v_{A0} = 0$
Ladung	$m_L = 495$	0

Der Ford Mondeo fährt mit der Anfangsgeschwindigkeit v_{M0} , was einer kinetischen Energie von

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot m_M \cdot v_{M0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1485 \text{ kg} \cdot \left(\frac{50}{3,6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}\right)^2 = 143,23 \text{ KJ} \quad (1)$$

entspricht. Er prallt ungebremst frontal gegen den Anhängerzug.

Unter der Annahme eines elastischen Stoßes, kleben der Ford Mondeo und der Anhänger nach dem Stoß aneinander und bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit v_1 innerhalb der Strecke l , wobei l der Weg des Anhängers vor dem Aufprall bis zum endgültigen Eindringen in den VW Golf ist. Er wird mit 0,2 m angenommen.

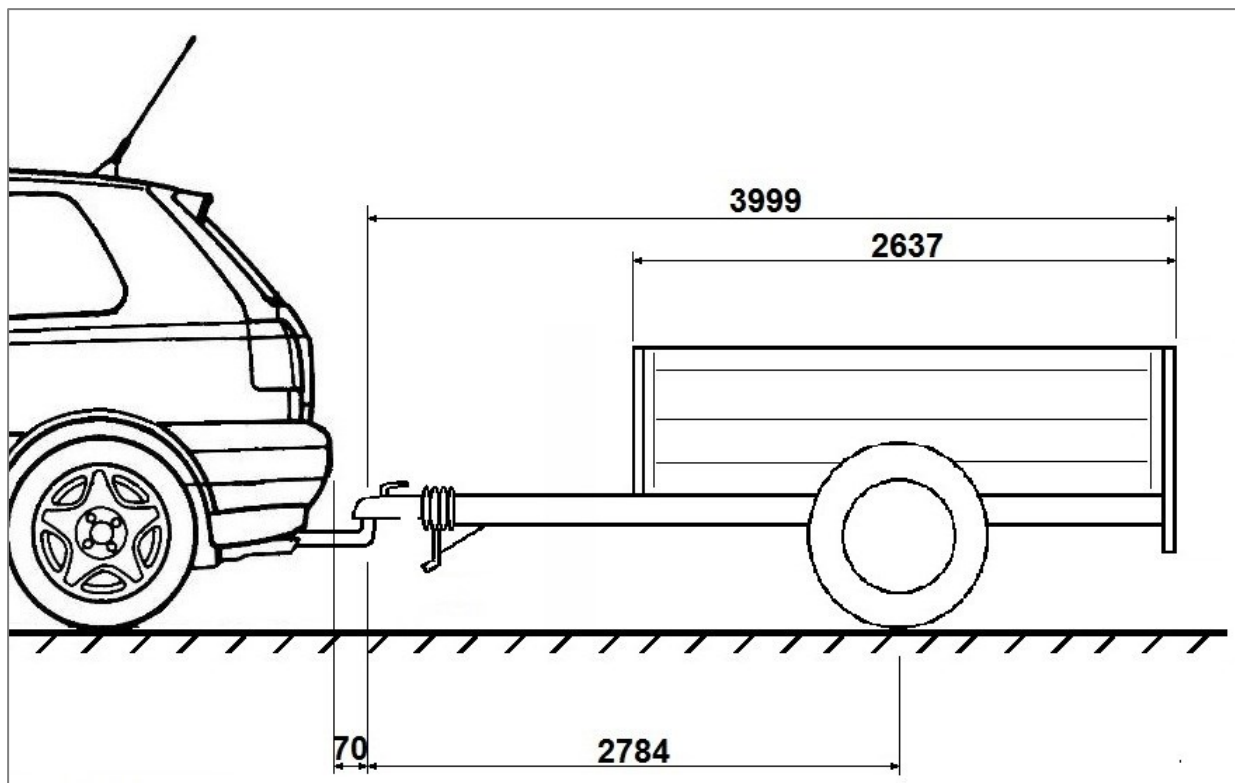


Abb. 9.1: Abstand zwischen Anhängerfront und Fahrzeug

Die Geschwindigkeit v_1 errechnet sich wie folgt:

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot (m_M + m_A + m_L) \cdot v_1^2 \quad (2)$$

$$v_1 = \left(\frac{2E_0}{m_M + m_A + m_L} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2 \times 143,23 \times 1000 \text{ J}}{1485 \text{ kg} + 305 \text{ kg} + 495 \text{ kg}} \right)^{\frac{1}{2}} = 40,3 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad (3)$$

Wegen schlechter Ladungssicherung verliert die Ladung ihre ursprüngliche Position. Daher wird die Geschwindigkeit ohne Berücksichtigung der Ladung errechnet.

$$v = \left(\frac{2 \times 143,23 \times 1000 \text{ J}}{1485 \text{ kg} + 305 \text{ kg}} \right)^{\frac{1}{2}} = 12,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 45,54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Unter der Annahme einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung, verzögert der Ford Mondeo mit

$$a_M = \frac{v_1^2 - v_{M0}^2}{2l} = \frac{(12,65 \text{ m.s}^{-1})^2 - (13,9 \text{ m.s}^{-1})^2}{2 \times 0,2 \text{ m}} = -82,97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (4)$$

und beschleunigt den Anhänger mit

$$a_A = \frac{v_1^2 - v_{A0}^2}{2l} = \frac{(12,65 \text{ m.s}^{-1})^2 - (0 \text{ m.s}^{-1})^2}{2 \times 0,2 \text{ m}} = 400,06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (5)$$

Der Ford Mondeo und der Anhängerzug bewegen sich anschließend mit der Geschwindigkeit v_2 . Auch hier wird nur die Anhänger Masse ohne Ladung angenommen.

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot (m_M + m_A + m_G) \cdot v_2^2 \quad (6)$$

$$v_2 = \left(\frac{2 \times 143,23 \times 1000 \text{ J}}{m_M + m_A + m_G} \right)^{\frac{1}{2}} = 6,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 24,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Der Fahrzeugzug fährt mit 24,5 km/h und stößt frontal gegen die Wand. Die Stoßzeit beträgt etwa 0,1 Sekunden. Die Verzögerung des Fahrzeugzugs beträgt:

$$a_M = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{0,1 \text{ s}} = 68 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Die gesamte Stoßkraft von den Fahrzeugen wird wie folgt berechnet:

$$\text{➤ } F_{\text{Mondeo}} = m_M \cdot a_M = 1485 \text{ kg} \cdot 82,97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 123,21 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } F_{\text{Anhänger}} = m_A \cdot a_A = 305 \text{ kg} \cdot 400,06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 122,02 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } F_{\text{Golf}} = m_G \cdot a_G = 1300 \text{ kg} \cdot 68 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 88,4 \text{ kN}$$

Die gesamte Stoßkraft von Dummies wird wie folgt berechnet:

$$\text{➤ } F_{\text{Mondeo-Fahrer}} = m_M \cdot a_M = 50 \text{ kg} \cdot 82,97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4,15 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } F_{\text{Golf-Fahrer}} = m_G \cdot a_G = 95 \text{ kg} \cdot 68 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6,46 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } F_{\text{Golf-Beifahrer}} = m_G \cdot a_G = 75 \text{ kg} \cdot 68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 5,1 \text{ kN}$$

Die UDS-Daten zeigen, dass die Annahmen für die Beschleunigungen den tatsächlichen Daten nahe sind. Für den Ford Mondeo ergibt sich eine durchschnittliche Beschleunigung während der Stoßzeit von 83,7 m/s², für den Anhänger von 293,4 m/s² (für die Hälfte der Zeit sind es etwas mehr als 400 m/s²) sowie für den VW Golf von 62,3 m/s². Die Abweichungen entstehen etwa durch den Energieverlust bei der Verformung.

9.2 Berechnungen zur Ladungssicherung

Der Versuch zeigt, dass die Gurte, mit denen die Ladung gesichert ist, die durch den Aufprall entstehende Last nicht tragen können. Im Folgenden soll eine kurze Berechnung erfolgen, die die Lasten veranschaulicht.

Die zur Berechnung herangezogenen Werte sind nachfolgende:

- der Winkel zwischen dem gespannten Gurt und der Ladefläche beträgt 15°
- die Masse der Ladung ist 495 kg.

Der Befestigungspunkt des Gurtes ist die obere Ecke, die Masse inhomogen verteilt. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass der Gurt im Schwerpunkt der Ladung befestigt ist. Eventuelle Drehmomente aufgrund der Inhomogenität und Befestigungspunkte sowie die Reibung zwischen Ladung und Anhänger sollen null betragen.

Die zum Zeitpunkt des Versagens der Gurte vorliegende Beschleunigung des Anhängers beträgt nach UDS etwa 420 m/s^2 .

Mit Hilfe dieser Daten ergibt sich nachstehende Rechnung:

$$F_{\text{Gurt}} = \frac{F}{\cos 15^\circ} = \frac{m \cdot a}{\cos 15^\circ} = \frac{495 \text{ kg} \cdot 420 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,965926} = 215233,88 \text{ N} \quad (7)$$

Da die Ladung mit zwei Gurten befestigt ist, wird diese Kraft noch durch zwei geteilt. Die Kraft pro Gurt ist demnach etwa 108000 N . Die vom Hersteller angegebene Last von 8000 N wird hier um 100000 N überschritten. Das entspricht der $13,5$ fachen zulässigen Belastung.

Der Zeitpunkt des Versagens wird mit Hilfe des Videos ermittelt. Wegen der großen Ungenauigkeit beim Bestimmen ist der Fehler dieser Abschätzung hoch. Die Beschleunigungen um diesen Zeitpunkt waren jedoch ähnlich, sodass es sich dennoch um diese Größenordnung handeln müsste.

9.3 FEM-Berechnungen

Durch den Einsatz von Computern ist es heute möglich, Unfälle zu simulieren. Dies kann schon vor den realen Crashtest mögliche Schwächen des Fahrzeuges aufdecken. Das macht die Fahrzeugentwicklung schneller und kostengünstiger. Diese Simulationen basieren meist auf der Finite-Elemente-Methode (FEM). Hier werden die Bauteile in beliebig kleine Teile aufgeteilt. Für jedes dieser Teile wird die Beanspruchung und Verformung einzeln berechnet, um dann wieder zu einem großen Ganzen zusammengefügt zu werden.

Den kompletten Crashtest mit Hilfe eines Computers zu simulieren liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit. Es ist aber möglich, kleine Teile davon mit Hilfe eines FEM-Programmes zu untersuchen bzw. die im Versuch gewonnenen Crashdaten zu verifizieren.

Als zu untersuchendes Teil wird die Anhängerkupplung gewählt. Diese wird mit CATIA V5 nachmodelliert. Anschließend werden die angenommenen Kräfte und Rahmenbedingungen angetragen und die Berechnung gestartet.

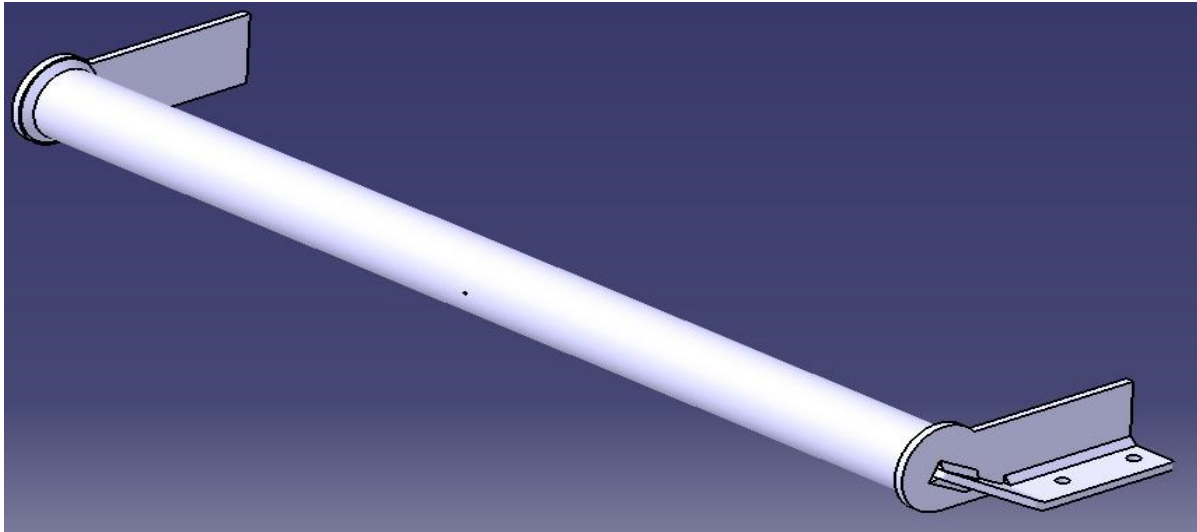


Abb. 9.2: Modellierter Kupplungsträger

In **Abb. 9.2** ist der modellierte Kupplungsquerträger zu sehen. Da die Kräfte in der Mitte des Trägers angreifen ist hier auf die eigentliche Kupplung sowie deren Anbindung an den Träger verzichtet worden. Diese Vereinfachung sollte die Ergebnisse aber nicht wesentlich beeinflussen.

Die angenommene Kraft ist folgende:

$$F_x = 486 \text{ kN}$$

Diese Kraft wird aus der maximalen Beschleunigung in dem entsprechenden Zeitabschnitt sowie der Masse aus Anhänger und stoßendem Fahrzeug ermittelt. Die Werte betragen $a = 270 \text{ m/s}^2$ sowie $m_{M+A} = 1800 \text{ kg}$.

Die Querverschiebung kann mit der verwendeten Software so nicht mitberücksichtigt werden. Als Vereinfachung wird hier angenommen, dass diese Verschiebung nicht vorhanden ist. Das Ergebnis ist dann dahingehend zu korrigieren.

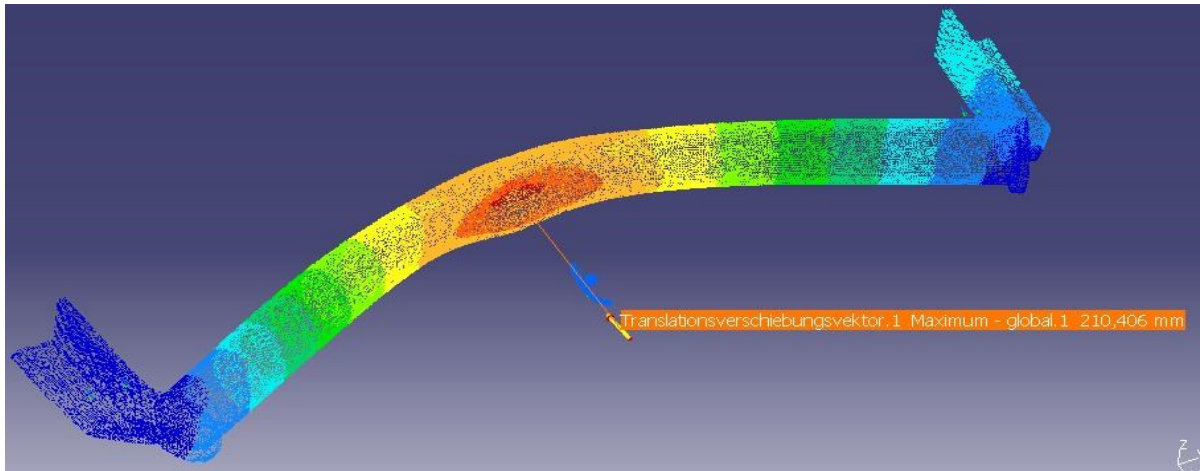


Abb. 9.3: FEM-Analyse

Die gemessene Verschiebung beträgt 237 mm. Die Berechnung ergibt eine Verschiebung in x-Richtung von 210 mm. Wird noch die fehlende Querverschiebung von 98 mm berücksichtigt und den damit verbundenen Kraftaufwand und Energieverlust, so ist der errechnete Wert nahe dem tatsächlich Vorgefundenem.

Es zeigt sich also, dass die Last von rund 48 Tonnen, die auf den Kupplungsträger wirkt, sich als richtig herausstellt.

Aufgrund der Geometrie der Anhängerkupplung wirkt auf den hinteren Bolzen diese Kraft ebenfalls. Diese enorme Kraft zerstört den Bolzen infolge von Scherung. Die zulässige Scherspannung wird hier ebenfalls um ein Vielfaches überschritten.

10 Versuchsauswertung

In den folgenden Abschnitt werden die Messergebnisse aus der Vermessung und den UDS ausgewertet sowie die Kameraaufnahmen analysiert.

10.1 Auswertung der Kameraaufnahmen

Alle Kameras wurden zum gleichen Zeitpunkt ausgelöst und nahmen somit den Crashtest in den vorher festgelegten Perspektiven auf. Die Auswertung der Kameraaufnahmen beschränkt sich auf die drei Hochgeschwindigkeitskameras der TU-Berlin von Redlake, da sie mit 1000 Bildern pro Sekunde die höchste Auflösung der eingesetzten Kameras haben und damit den Crashverlauf gut wiedergeben können. Die drei Perspektiven der Redlakekameras bieten eine gute Sicht auf das Heck des VW Golf aus zwei Richtungen und eine Übersichtsdarstellung, in der alle Versuchsfahrzeuge zu sehen sind. **Abb. 10.1** zeigt den Beginn des Crashes, Zeitpunkt t_0 , bei dem sich Ford Mondeo und Anhänger berühren. Da die Kameras mit der Triggerplatte, die sich 1 m vor dem Berührungspunkt befand, ausgelöst wurden, befindet sich der Crashbeginn nicht bei 0 ms. Der Ford Mondeo ist mit 50,9 km/h aufgefahren, was 14,139 m/s entspricht. Mit dieser Geschwindigkeit überfährt das Fahrzeug 1 m in 0,0707 s, was etwa 70 ms entspricht. Laut **Abb. 10.1** sind bei Crashbeginn bereits 170 ms verstrichen



Abb. 10.1: Crashbeginn

– 100 ms mehr als erwartet. Entweder haben die Kameras 100 ms zu früh ausgelöst oder es lag ein Fehler bei der Software der Videobearbeitung vor. Dieser Fehler beeinflusst jedoch nicht die weitere Auswertung. Im weiteren Verlauf werden die in grün angezeigten Zeitpunkte auf den Abbildungen zur Beschreibung der Abläufe verwendet.

Zunächst wird die Wirkungsweise der Schutzplatte analysiert, weshalb die Aufnahmen von Kamera 1 (links) und 2 (oben) ausgewertet werden. Die Verformung der Anhängerkupplung setzt nach 198 ms ein (s. **Abb. 10.2**). Die Perspektive von oben

zeigt zu diesem Zeitpunkt bereits eine Verformung des Querträgers ohne dass die Schutzplatte zum Einsatz kam.

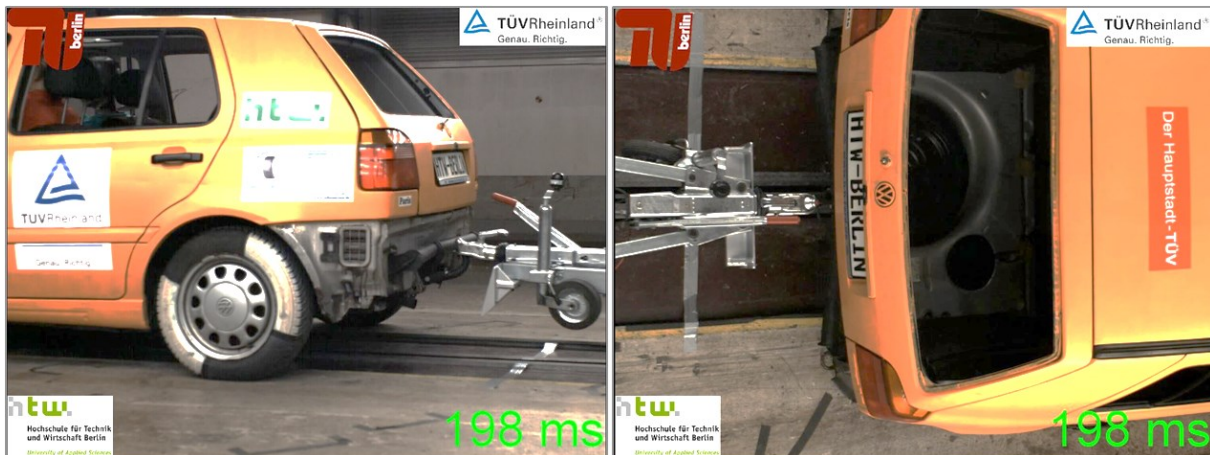


Abb. 10.2: Verformung der Anhängerkupplung setzt ein – 198 ms

Abb. 10.3 zeigt den VW Golf nach 208 ms. Das Kupplungsmaul des Anhängers hat sich vollständig von der Anhängerkupplung gelöst und sich seitlich verformt. Die Anhängerkupplung hat sich nahezu um 90° verbogen, während die Biegung des Querträgers weiter zunimmt.

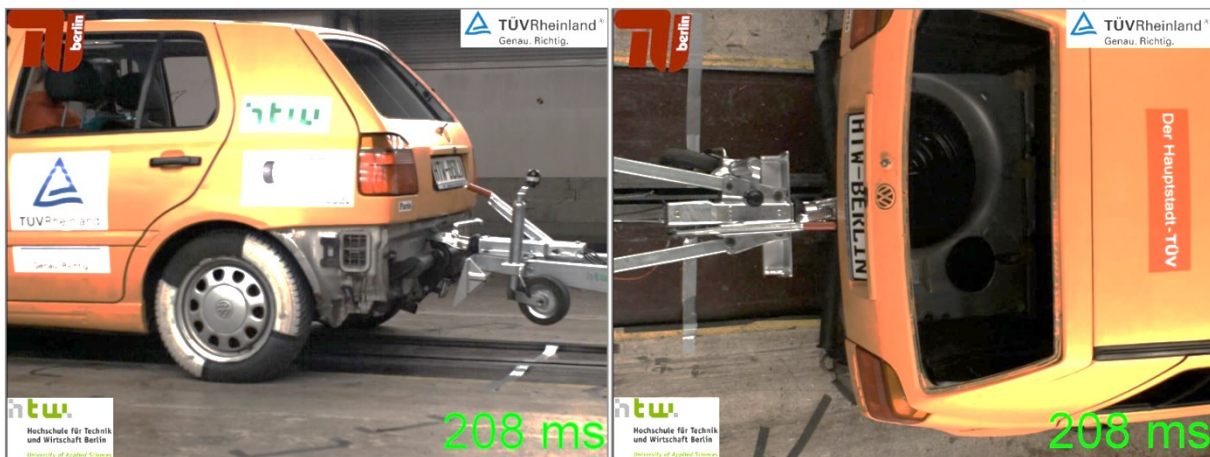


Abb. 10.3: Lösen des Kupplungsmauls des Anhängers – 208 ms

In **Abb. 10.4** berührt die Schutzplatte den Querträger der Anhängerkupplung und leitet die weiter eingeleitete Kraft auf die Deichsel und den Querträger um. Damit verhindert sie ein weiteres Eindringen der Deichsel in den VW Golf.

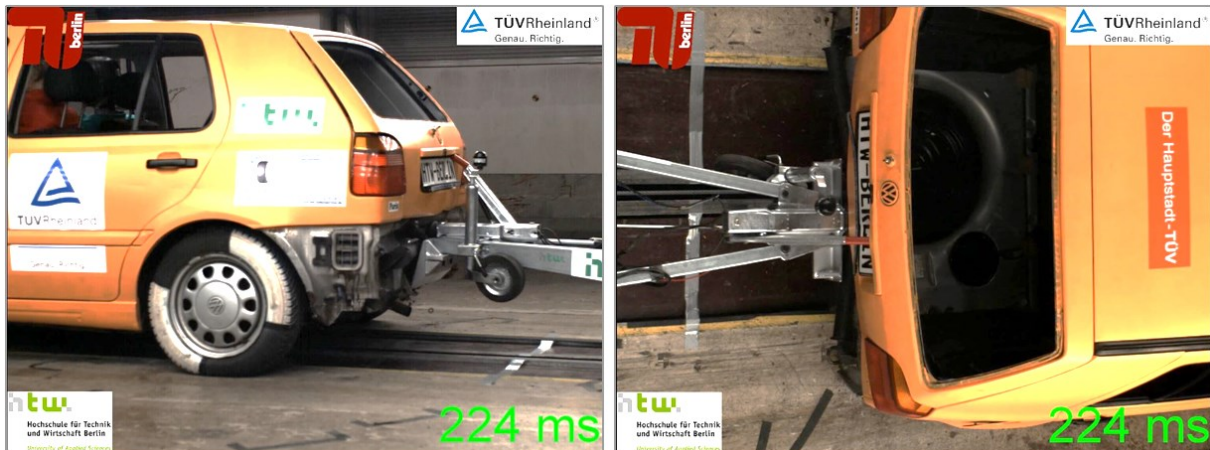


Abb. 10.4: Schutzplatte berührt Querträger – 224 ms

Die Abbildungen 10.5 und 10.6 zeigen die Zeitpunkte 375 ms, 447 ms und 945 ms. Hier wird die Wirkungsweise der Schutzplatte deutlich. Zum Zeitpunkt 375 ms kollidiert der VW Golf mit der Wand, zum Zeitpunkt 447 ms setzt der elastische Rückstoß durch den Wandaufprall ein und zum Zeitpunkt 945 ms befindet sich der VW Golf in seiner Endlage. Wie bereits erwähnt leitet die Schutzplatte die einwirkenden Kräfte in den Querträger und die Deichsel ein, deren Verformung im Bildverlauf deutlich zunimmt.



Abb. 10.5: Bildverlauf 375 ms, 447 ms und 945 ms – linke Perspektive

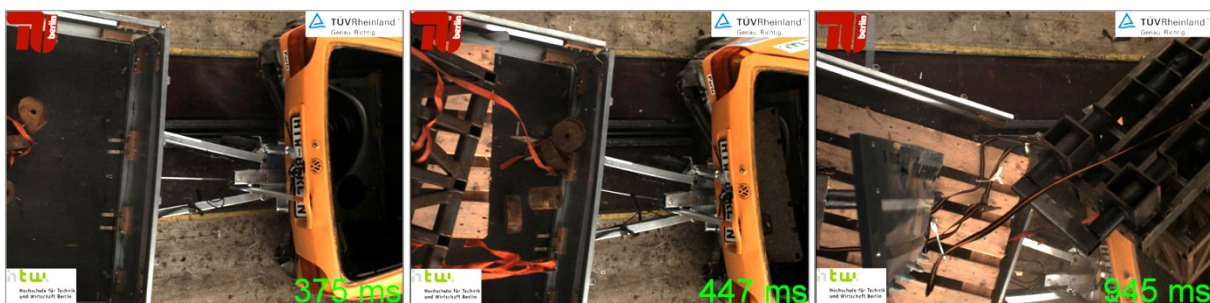


Abb. 10.6: Bildverlauf 375 ms, 447 ms und 945 ms – obere Perspektive

Kamera 3 bietet eine Übersicht des Crashverlaufs und verdeutlicht das Verhalten der Ladung und des Ford Mondeo.

In **Abb. 10.7** sind die Zeitpunkte 170 ms und 223 ms dargestellt. Die Ladung bleibt in ihrer Position während der Anhänger vom Ford Mondeo nach vorne geschoben wird. Die Ladungssicherungen vorne haben sich im rechten Bild bereits gelöst. Außerdem ist eine Nickbewegung der Ladung nach oben bei 223 ms zu erkennen.



Abb. 10.7: Position der Ladung 53 ms nach Crashbeginn

Das Aufstellen der Ladung und ihre Laufbahn wird in **Abb. 10.8** deutlich. Die Bilder sind im Abstand von 100 ms, beginnend bei 300 ms, nebeneinander gelegt. Das Nicken der Ladung verstärkt sich bis sie sich nach 500 ms aufgestellt hat und auf das Heck des VW Golf zufliegt. Durch das Einknicken der Deichsel stützt sich die Ladung am Heck des VW Golf ab und befindet sich nach dem Crash auf Höhe der Hinterachse (s. **Abb. 10.36**).



Abb. 10.8: Laufbahn der Ladung

Das Verhalten des Ford Mondeo ist sehr typisch für diese Crashsituation. Auffällig ist nur sein geringer elastischer Rückstoß. In **Abb. 10.9** sind die Zeitpunkte 503 ms und 961 ms abgebildet. Der Ford Mondeo beendet seine Nickbewegung und setzt einen geringen Weg nach hinten zurück – etwa 15% seines Radumfangs, gemessen am Vorderrad.



Abb. 10.9: Elastischer Rückstoß – Ford Mondeo

10.2 Auswertung der Messungen

Die Auswertung der aufgezeichneten Messdaten erfolgte mit dem CAD-Programm CATIA V5. Mit diesem sollten die Punktwolken in eine zusammenhängende Fläche bzw. in Volumenmodelle umgewandelt werden. Aus diesen Modellen ließen sich dann sowohl die Längenänderungen der Fahrzeuge vor und nach dem Crash als auch das Deformationsvolumen bestimmen.

10.2.1 Einlesen der Messdaten

Die Bearbeitung der Messdaten erfolgte zunächst mit dem CATIA-Tool „Digitized Shape Editor“ (DSE) (Abb. 10.10).

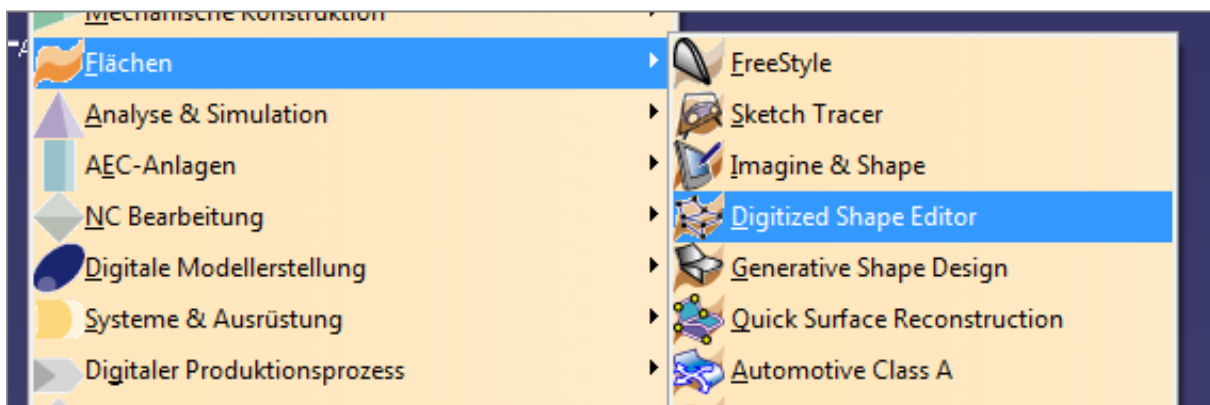


Abb. 10.10: DSE

Um die Daten hier bearbeiten zu können, mussten die Messdaten zunächst mit CAM2Measure als *.igs- Datei abgespeichert werden. Anschließend ließen sich die-

se im DSE importieren und konnten zunächst als Punktwolke bearbeitet werden (**Abb. 10.11**).

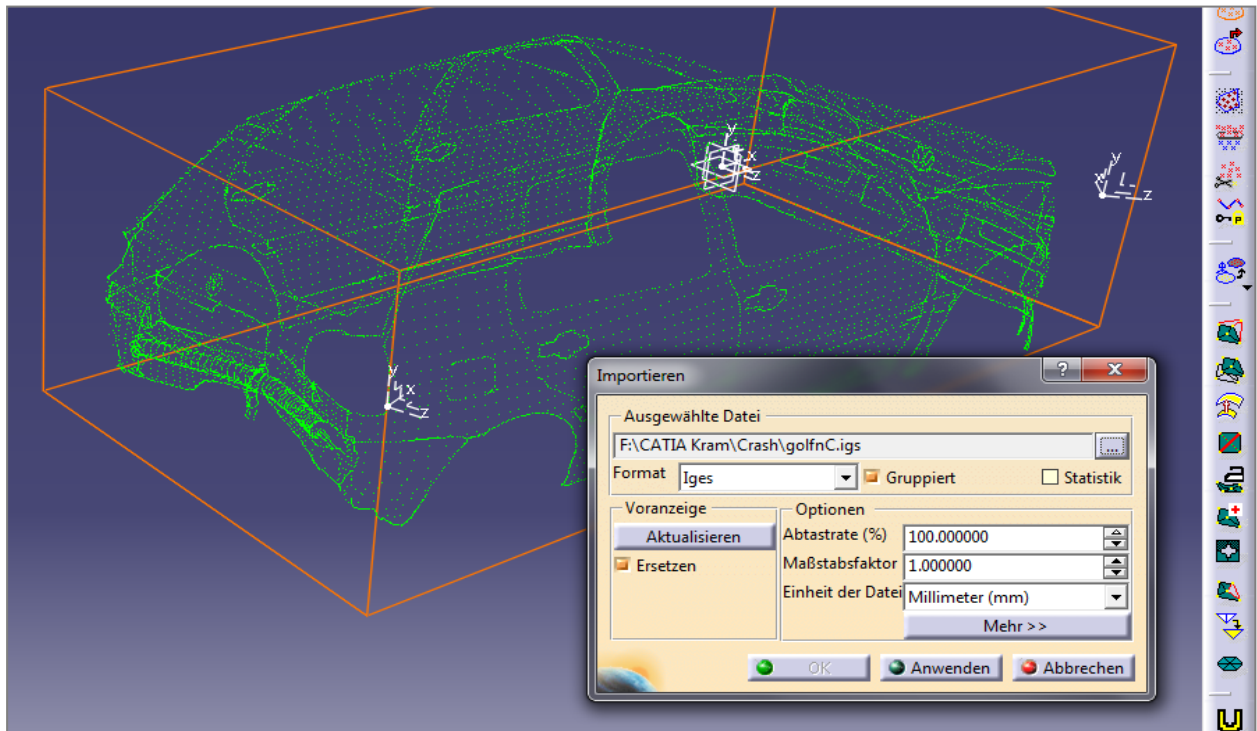


Abb. 10.11: Importieren von .igs- Dateien

10.2.2 Vorbereitung der Punktwolken

Zuerst wurden die Punktwolken auf Plausibilität überprüft und fehlerhafte Messpunkte entfernt (**Abb. 10.12**).

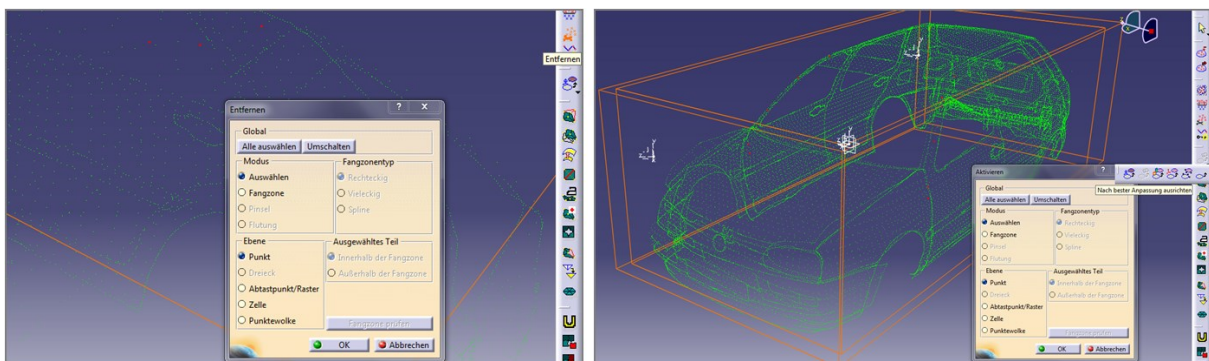


Abb. 10.12: Entfernen fehlerhafter Messpunkte (li.), Punktwolkeausrichtung (re.)

Da die späteren Modelle verschnitten werden sollten, wurden jeweils die Messdaten eines Fahrzeugs vor und nach dem Crash importiert. Um die Fahrzeug-Punktwolken aneinander auszurichten und so einen späteren Vergleich der Abmaße zu ermögli-

chen, wurden die Referenzpunkte der Koordinatenvermessung als Kongruenzbedingung verwendet (**Abb. 10.12**).

10.2.3 Vernetzung der Punktwolken/Flächenmodell

Um die so bereinigten und ausgerichteten Punktwolken als Fläche zu generieren, mussten diese zunächst vernetzt werden. Dies erfolgte ebenfalls im DSE mithilfe der Netzerzeugung (**Abb. 10.13**).

Über den Abstand der benachbarten Elemente (Punkte)

konnte die Vernetzungsdichte **Abb. 10.13: Netzerzeugung**

eingestellt werden. Das so er-

zeugte Netz wies jedoch noch einige Fehlstellen auf, da anhand des eingestellten Abstands ungewollte Vernetzungen erstellt wurden. Da das Programm nicht selbstständig erkennt, wie die zu erwartende Fläche aussehen soll, mussten diese manuell entfernt werden (**Abb. 10.14**).

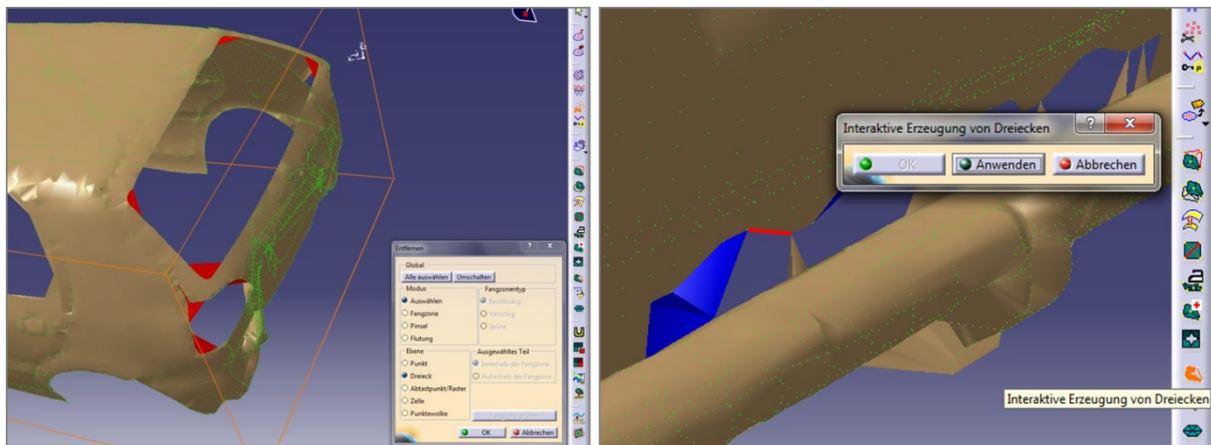
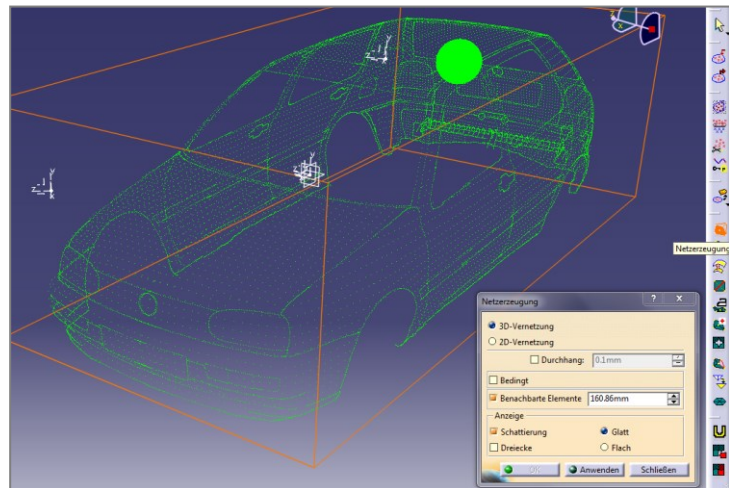


Abb. 10.14: Fehlstellenentfernung (li.), Vernetzung mittels Dreieckserzeugung (re.)

Insbesondere im Heckbereich am Querträger des VW Golf musste durch die Dichte der Punkte mehrerer Elemente der Großteil anschließend manuell vernetzt werden, bis das Netz dem tatsächlichen Modell entspricht (**Abb. 10.14**).

Auch im stark deformierten Frontbereich mussten die Spalte manuell korrigiert werden. Das so erstellte Netz wurde anschließend bereinigt, da bei fehlerhafter Vernetzung keine Fläche generiert werden kann (**Abb. 10.15**).

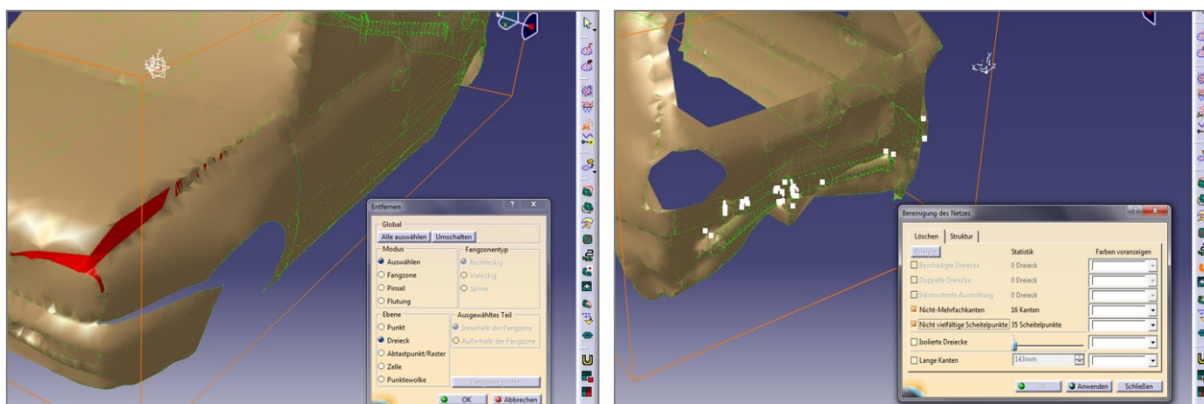


Abb. 10.15: Korrigieren der Fahrzeugfront (li.), Bereinigen der Vernetzung (re.)

Wichtig war hier, die Nicht-Mehrfachkanten und Nicht-vielfältige Scheitelpunkte zu entfernen. Durch die automatische Vernetzung und die manuelle Nachbearbeitung können mehrfache Vernetzungen einzelner Punkte entstehen. Da diese Fehlstellen durch die Bereinigung entfernt wurden, musste das Netz mehrfach iterativ korrigiert werden, bis eine fehlerfreie und geschlossene Vernetzung erreicht war (**Abb. 10.15**). Das so bearbeitete Netz war nun fertig, um in eine Fläche generiert werden zu können.

10.2.4 Vernetzung der Punktwolken/Volumenmodell

Da über die offenen Flächenmodelle nur die Längen- und Oberflächenmaße bestimmt werden können, wurde zudem ein Volumenmodell der Fahrzeuge erstellt, um die relevanten Deformationsvolumina bestimmen zu können. Dafür wurden zusätzliche Netzmodelle erstellt.

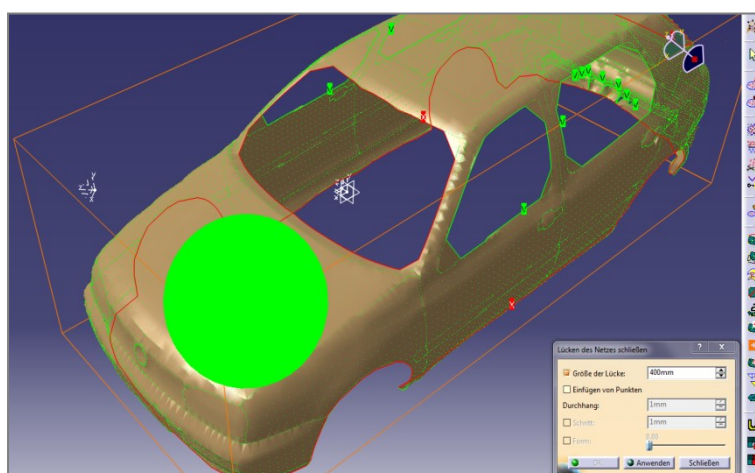


Abb. 10.16: Lücken füllen

Diese bauten auf denen der Flächenmodelle auf. Mit der Funktion „Lücken des Netzes schließen“ wurden alle offenen Flächen wie die Fenster und der Unterboden ge-

geschlossen. Hierbei mussten ebenfalls iterativ die Größen der Lücken den jeweiligen Öffnungen angepasst werden (**Abb. 10.16**).

Eine gleichzeitige Vernetzung aller Lücken führt zu fehlerhaften Vernetzungen. Ebenfalls musste das Netz beim Verschließen des Unterbodens in mehrere Bereiche aufgeteilt werden und teilweise manuell durchgeführt werden, da die Berechnung nicht immer zufriedenstellend war. Anschließend erfolgte wieder eine Bereinigung bzw. eine Überprüfung des Netzes.

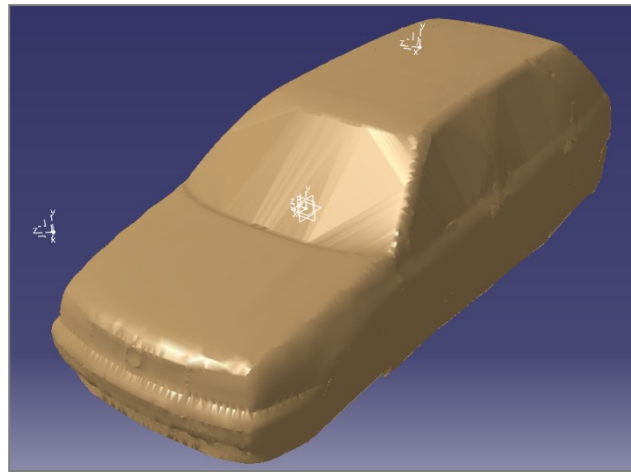


Abb. 10.17: Vernetzung als Volumen

Auch dieses Netz war nun für die Flächengenerierung bereit (**Abb. 10.17**).

10.2.5 Flächengenerierung

Die Flächenerstellung erfolgte im CATIA-Tool „Quick Surface Reconstruction“ (QSR) (**Abb. 10.18**).

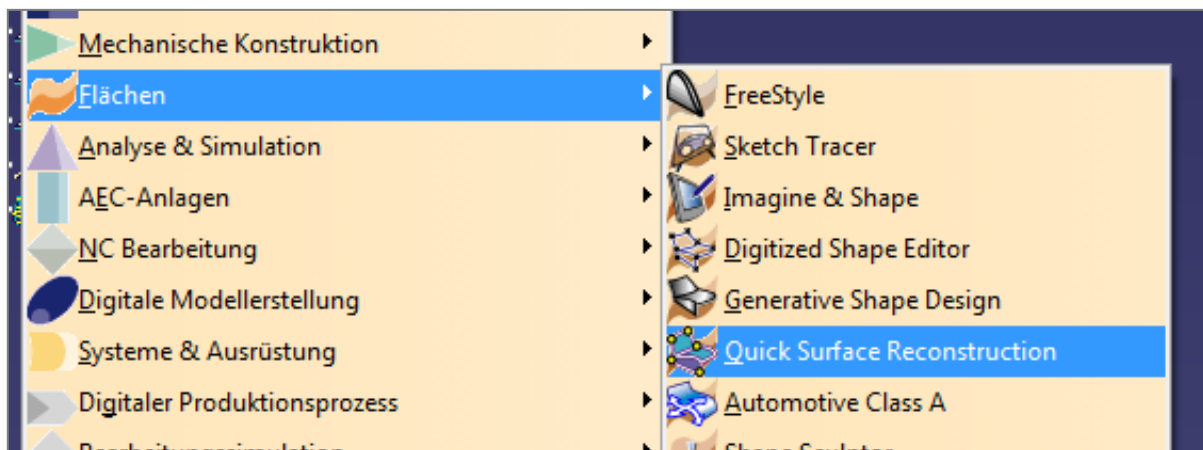


Abb. 10.18: QSR

Um die Fläche zu erstellen, wurde zunächst das jeweilige Netz ausgewählt. Die Flächenparameter mussten zu den verschiedenen Netzen individuell angepasst werden. Da die Abweichung der Fläche möglichst gering gehalten werden sollte, mussten insbesondere die mittlere Abweichung der Fläche und der Toleranzwert der freien Kanten bei größtmöglichem Zielfaktor (0 – 100%) kleinstmöglich gehalten werden. Ungünstig gewählte Parameter führen zu einer Verfälschung der Geometrie. Gren-

zen wurden hier durch die Geometrie des Netzes sowie durch die Rechendauer gesetzt (**Abb. 10.19**).

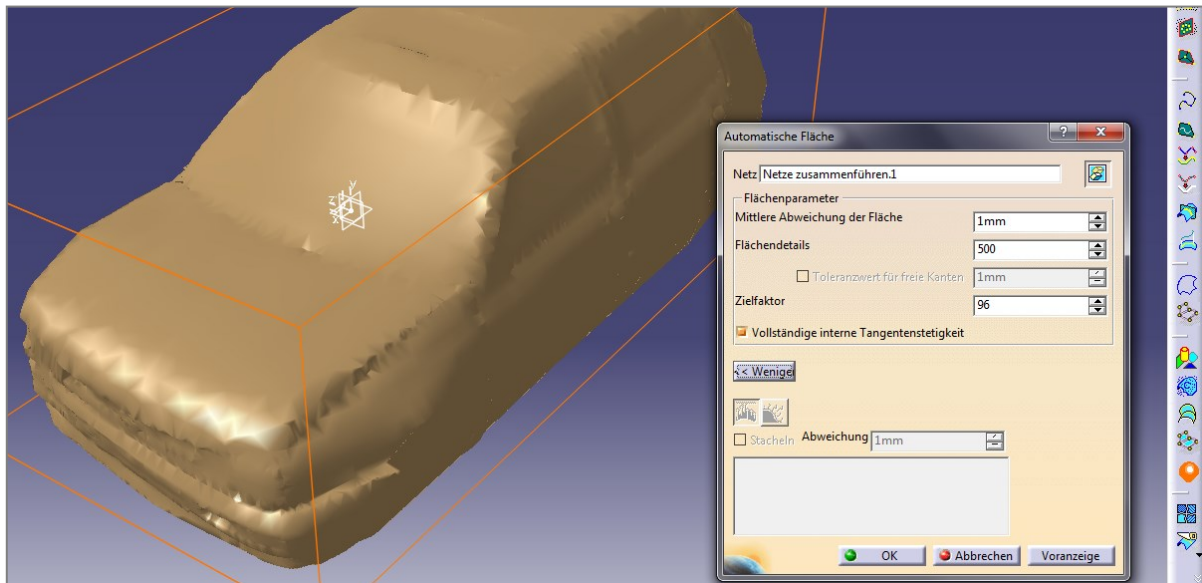


Abb. 10.19: Flächengenerierung

So wurden jeweils die offenen als auch geschlossenen Flächenmodelle erstellt (**Abb. 10.20**).

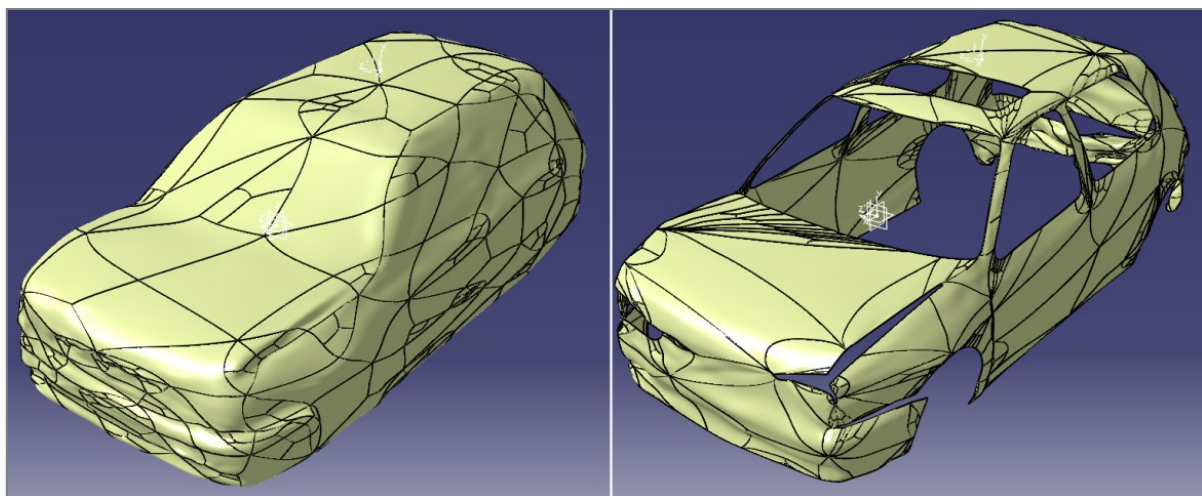


Abb. 10.20: Flächenmodelle

10.2.6 Volumengenerierung

Da die geschlossenen Flächenmodelle später als Verschnittmodell für die Bestimmung des Deformationsvolumens verwendet werden sollten, mussten diese auch als Volumenmodell definiert werden. Dies erfolgte im CATIA-Tool „Generative Shape Design“ (**Abb. 10.21**).

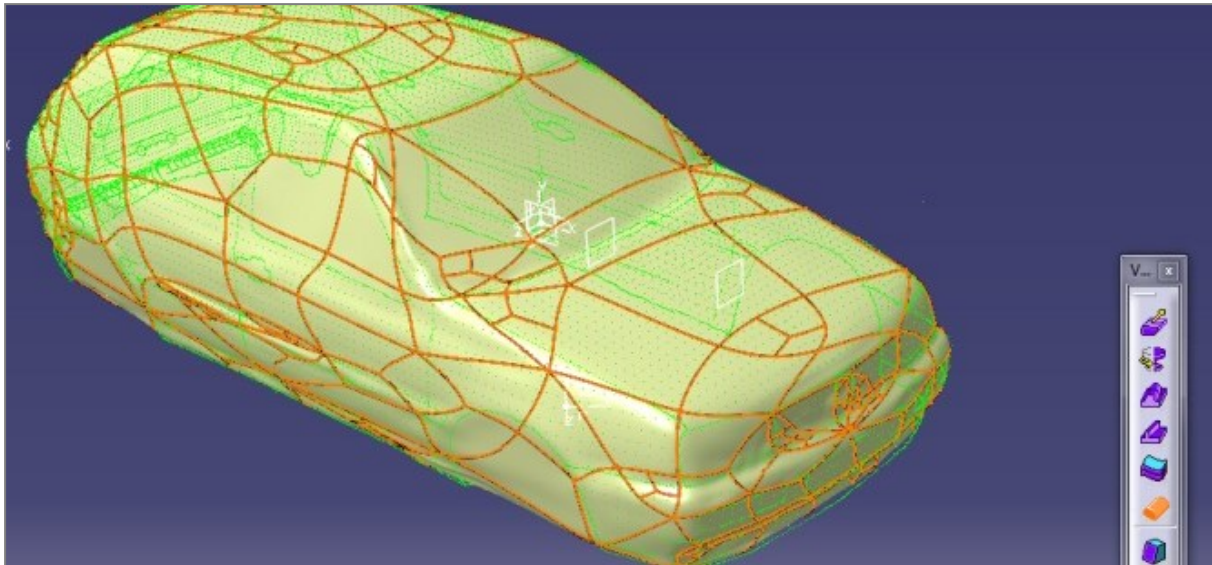


Abb. 10.21: Volumendefinition

10.3 Auswertung VW Golf

Die Auswertung der Messdaten des VW Golf erfolgt zuerst. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Querträger hinten, der einen Großteil des Anhängerstoßes abgefangen hat.

Zunächst wurden die offenen Flächenmodelle des VW Golf zur Visualisierung der Verformung und Bestimmung der Längenänderung betrachtet. Das grüne Modell stellt das Fahrzeug vor dem Crash dar, das orange nach dem Crash (**Abb. 10.22**).

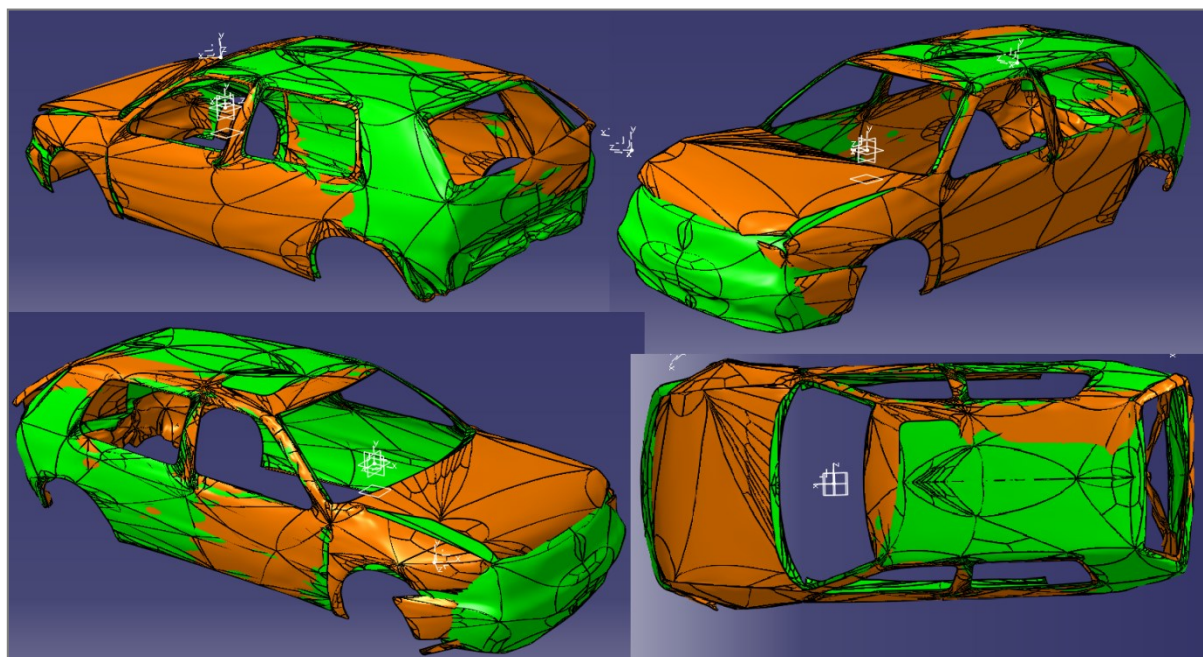


Abb. 10.22: Verformung VW Golf

Für die Bestimmung der Längenänderung im Frontbereich wurde mit dem Messtool von CATIA der mittlere Abstand vom verformten zum ursprünglichen Fahrzeug bestimmt (**Abb. 10.23**). Es zeigt eine mittlere Verformung von 117 mm.

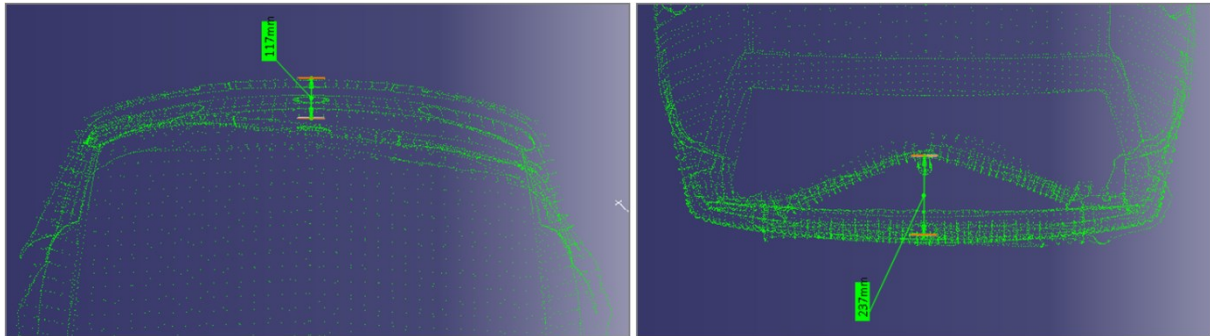


Abb. 10.23: Mittlerer Deformationsweg Front (li.), Durchbiegung Querträger (re.)

Auf gleichem Wege wurde die Verformung des Querträgers bestimmt. Hier zeigte sich eine maximale Durchbiegung von 237 mm in Längsrichtung des Fahrzeugs (**Abb. 10.23**).

Die Messung der Längenänderung des Querträgers ergibt 98 mm (**Abb. 10.24**).

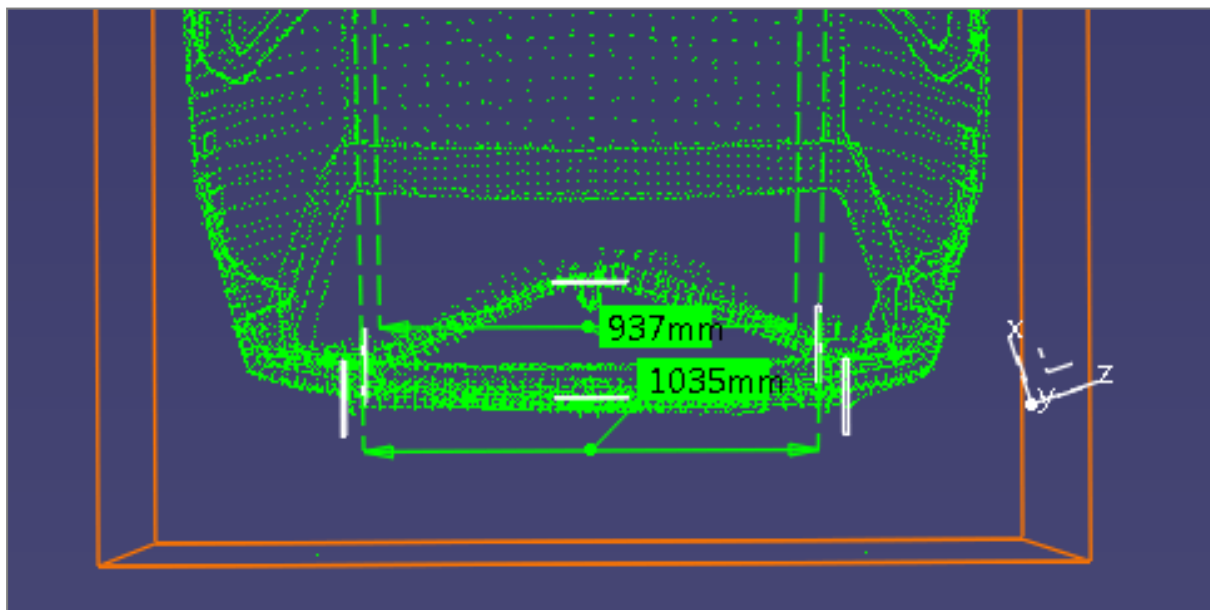


Abb. 10.24: Längenänderung Querträger

Zunächst wurde das Deformationsvolumen für den Frontbereich des Fahrzeugs bestimmt. Dafür wurden die zuvor erstellten Volumenmodelle miteinander verschnitten. Das Verschneiden erfolgte im CATIA-Tool „Generative Shape Design“, wobei nur das Volumen von Frontschürze bis Windschutzscheibe betrachtet wurde.

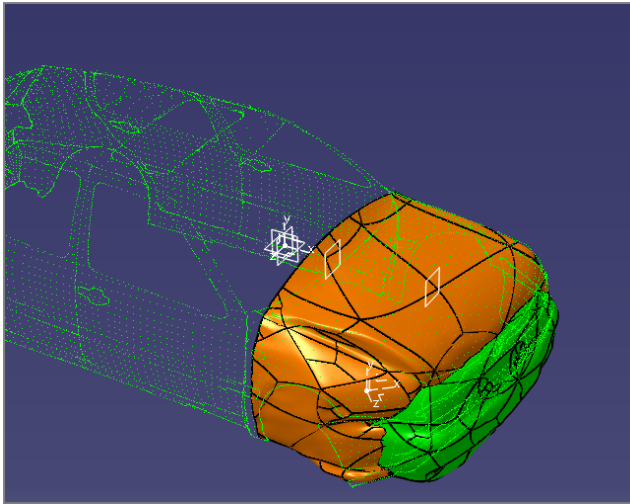


Abb. 10.25: Verschnitt Fahrzeugfront

Das Deformationsvolumen ließ sich anschließend in zwei Bereiche aufteilen, die sich aus der jeweiligen Betrachtung der Schnittmodelle des Fahrzeugs vor und nach dem Crash bestimmen lassen.

Zunächst ergab sich das eingedrückte Volumen im Bereich der Frontschürze aus dem Schnittmodell des Fahrzeugs vor dem Crash. Eine Messung mit dem Messtool zeigte ein Volumen von $0,096 \text{ m}^3$ (**Abb. 10.26**).

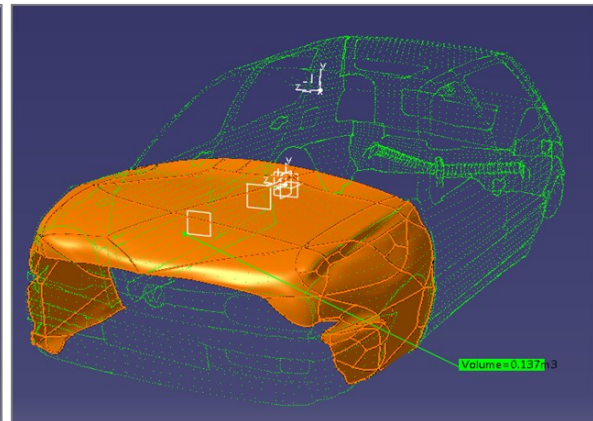
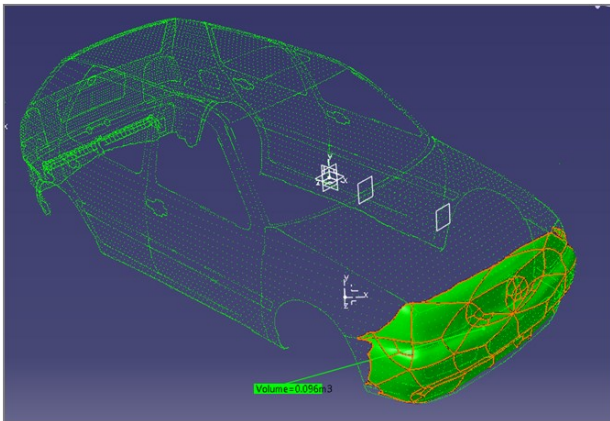


Abb. 10.26: Deformationsvolumina

Zum anderen ließ sich das ausgewölbte Volumen der Motorhaube sowie der Kotflügel aus dem Verschnittmodell des Fahrzeugs nach dem Crash bestimmen. Die Messung ergab $0,137 \text{ m}^3$ (**Abb. 10.26**).

Um das Deformationsvolumen im Heckbereich am Querträger zu bestimmen, wurde ebenfalls ein Verschnittmodell der Fahrzeuge vor und nach Crash erstellt. Begrenzt wurde die Volumenmessung zum einen auf den Bereich vom Querträger vor Verformung bis zur maximalen Durchbiegung nach dem Crash, als auch in der Höhe bis zum Bereich des Kofferraumbodens. Eine Messung des Volumens ergab $0,054 \text{ m}^3$ (**Abb. 10.27** [Dargestellt mit dem ursprünglichen Fahrzeug als Punktwolke und dem Flächenmodell des verformten Fahrzeugs]).

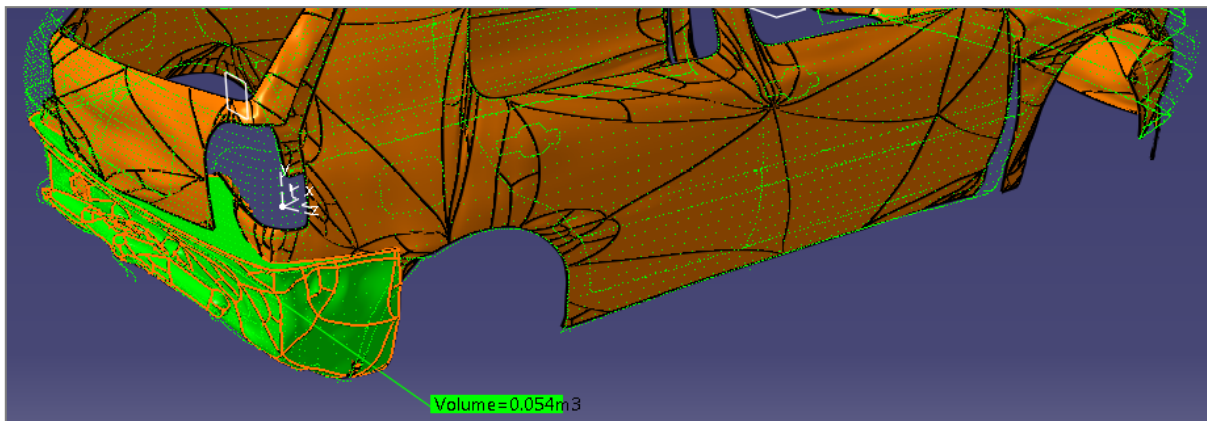


Abb. 10.27: Deformationsvolumen Heck

10.4 Auswertung Ford Mondeo

Da der Ford Mondeo beim Crash dermaßen Beschädigt wurde, dass nur der erste Frontquerträger als Messgrundlage erhalten blieb, konnte keine direkte Volumenbestimmung durchgeführt werden (**Abb. 10.28**).

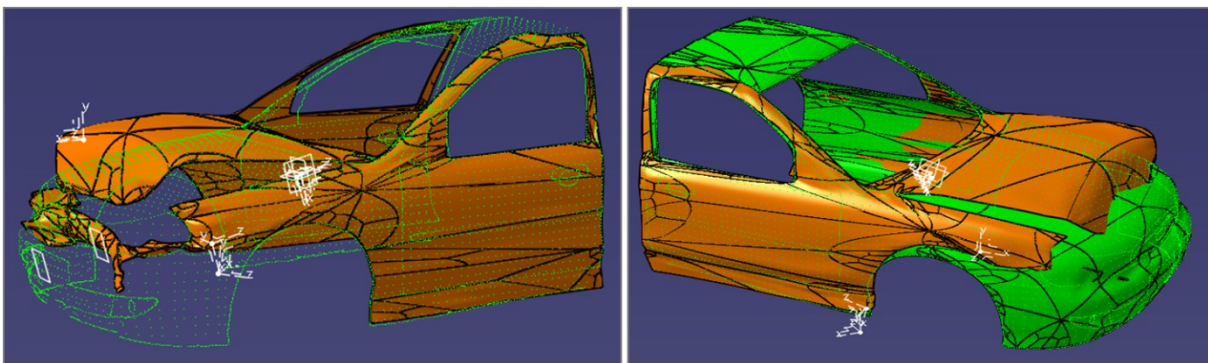


Abb. 10.28: Verformung Ford Mondeo

Deshalb wurde lediglich eine Messung des Deformationswegs durchgeführt, welche 290 mm ergab (**Abb. 10.29**).

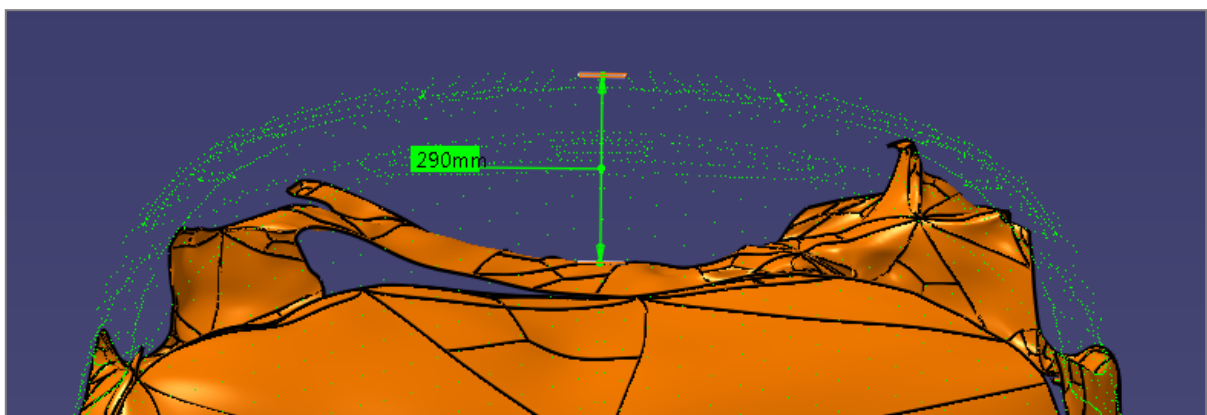


Abb. 10.29: Deformationsweg Ford Mondeo

10.5 Auswertung UDS-Systeme

Nach dem Crash sollten die Daten möglichst zügig aus den UDS-Geräten ausgelesen werden (eine Stunde nachher). Auf die Ergebnisse aus dem Crashtest wird nachfolgend eingegangen.

Dabei ist noch folgende Legende zu den Beschleunigungsdiagrammen zu beachten:

Längsbeschleunigung: [39]

positive Zahl → Beschleunigen in Vorwärtsrichtung

negative Zahl → Verzögern aus der Vorwärtsrichtung

Querbeschleunigung: [39]

positive Zahl → Fahren in einer Linkskurve

negative Zahl → Fahren in einer Rechtskurve

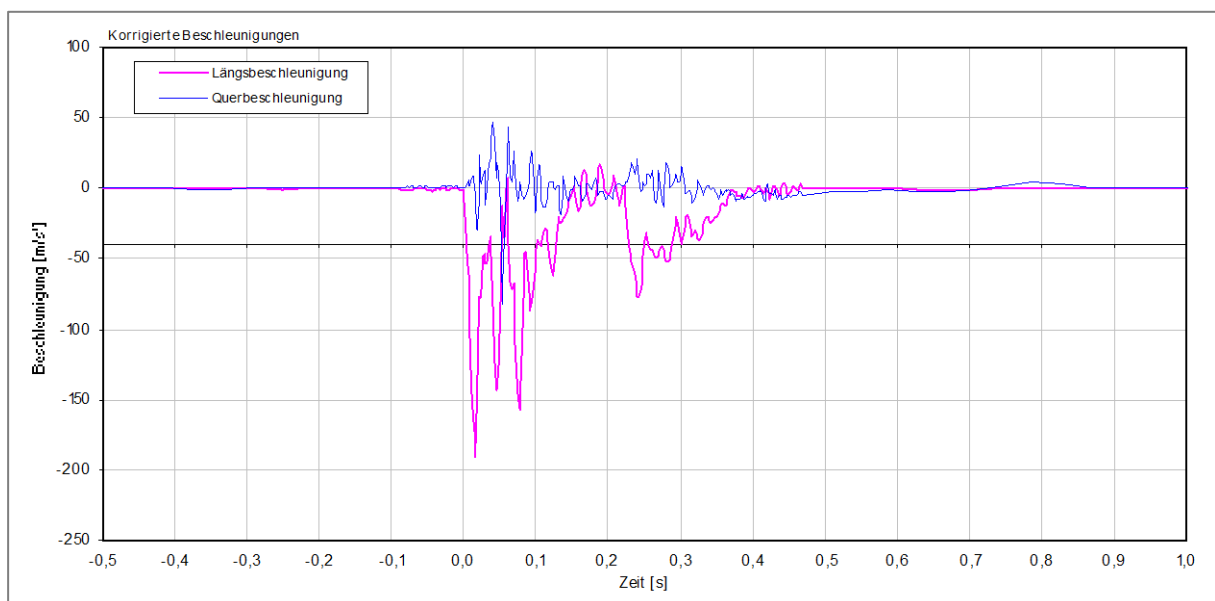


Abb. 10.30: Ford Mondeo – Längs- und Querbeschleunigungen

In **Abb. 10.30** ist der Beschleunigungsverlauf des Ford Mondeo in Längs- und Quer- richtung dargestellt. Es wurden in Längsrichtung ein Spitzenwert von -19,1 g erreicht und eine maximale Querbeschleunigung von -8,3 g.

Die starke negative Längsbeschleunigung im Bereich zwischen 0 und 0,1 s, ist durch das Auftreffen des Ford Mondeo auf den Anhänger zu erklären. Die mehrfach auftretenden hohen Lastspitzen resultieren aus der Beladung des Anhängers. Durch die Trägheit des großen Stahlgerüsts ist dies beim Aufprall nicht mit dem Anhänger

nach vorne katapultiert worden. Dies wurde erst durch den Aufprall auf den Ford Mondeo nach vorne beschleunigt.

Danach ist eine eher konstante Geschwindigkeit zu beobachten (**Abb. 10.31**). Der Aufprall des Anhängers auf den VW Golf sowie dessen Beschleunigung bewirken nahezu wie keine Geschwindigkeitsänderung beim Ford Mondeo. Die rote Linie ist der reale Verlauf, die Blaue der aufgenommenen und vom Sensor interpolierte Wert. Die Interpolation ist notwendig, da der Sensor im Verhältnis nur sehr wenige Werte ausgibt.

Erst als der VW Golf auf die Wand, trifft wird auch der Ford Mondeo abrupt abgebremst. Dies ist im Beschleunigungs-Zeit-Diagramm mit einer hohen Längsbeschleunigung zwischen 0,2 und 0,3 s ersichtlich.

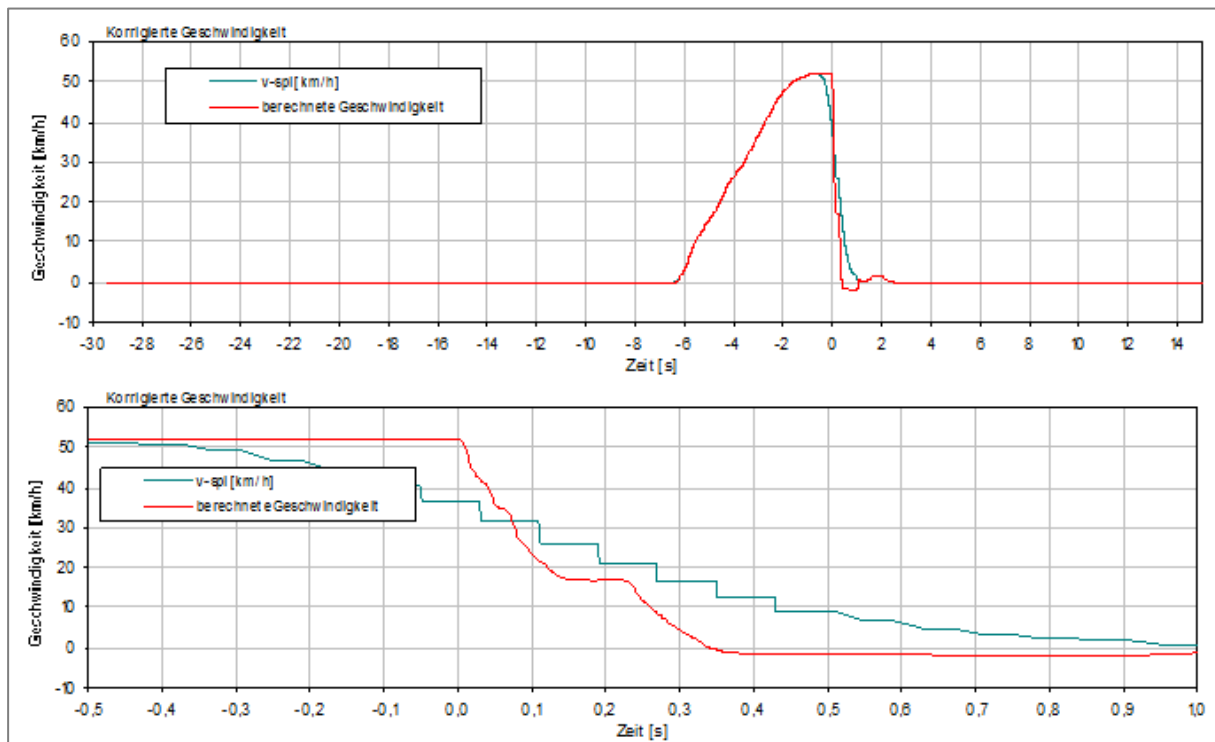


Abb. 10.31: Ford Mondeo – Geschwindigkeitsverlauf gesamt und Crash im Detail

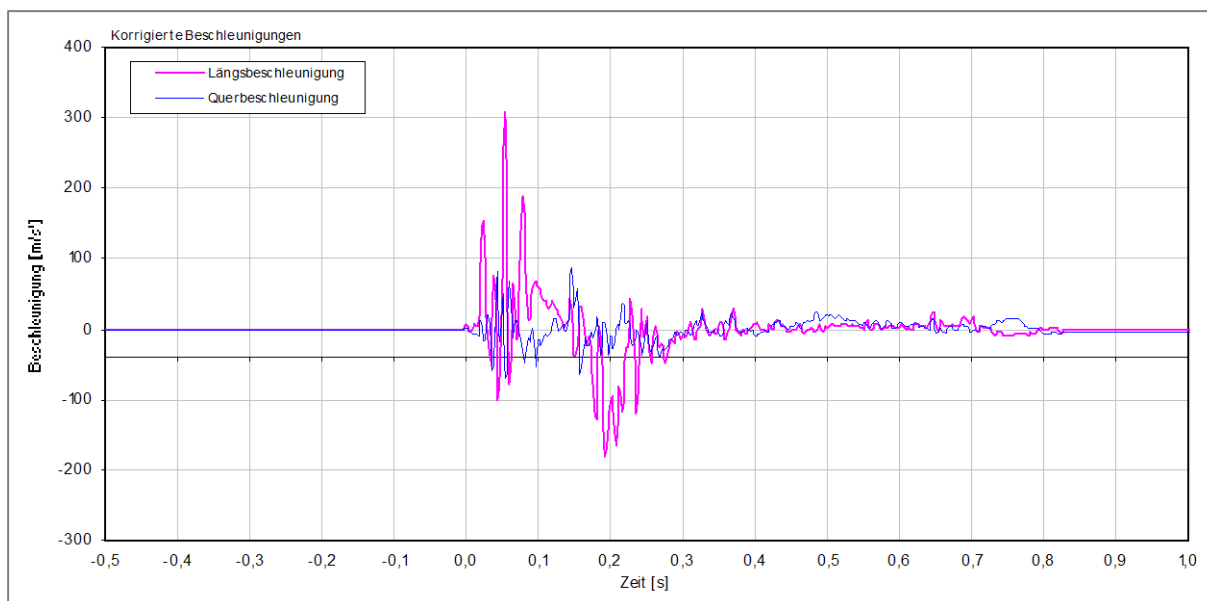


Abb. 10.32: VW Golf – Längs- und Querbeschleunigungen

In **Abb. 10.32** ist der Beschleunigungsverlauf des VW Golf in Längs- und Querrichtung dargestellt. Es wurden in Längsrichtung Spitzenwerte von 31,0 g bzw. -18,3 g erreicht und eine maximale Querbeschleunigung von 8,8 g.

Die starke positive Längsbeschleunigung im Bereich zwischen 0 und 0,1 s, wurde durch das Auftreffen des Anhängers auf den VW Golf hervorgerufen. Kurz danach (bei 0,2 s) ist eine Beschleunigung in genau umgekehrter Richtung zu beobachten. Das ist der Moment als der VW Golf gegen die Wand stößt. Bis zur Richtungsumkehr hat dieser einen Weg von genau 0,8 m zurückgelegt (0,5 m Weg, 0,3 m Verformung) und eine maximale Geschwindigkeit von 22,8 km/h erreicht gehabt (**Abb. 10.33**). Bis zum endgültigen Stillstand hat sich der VW Golf in Längsrichtung wieder um 7 cm von der Wand entfernt. Zwischen 0,3 und 0,4 s (die zwei Spitzen im Diagramm) ist der Augenblick, als das Stahlgerüst die C-Säule trifft.

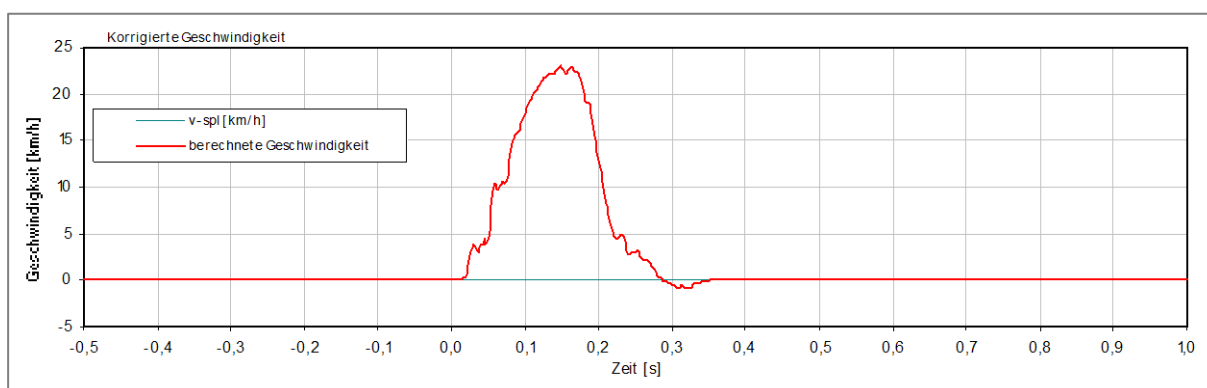


Abb. 10.33: VW Golf – Geschwindigkeitsverlauf

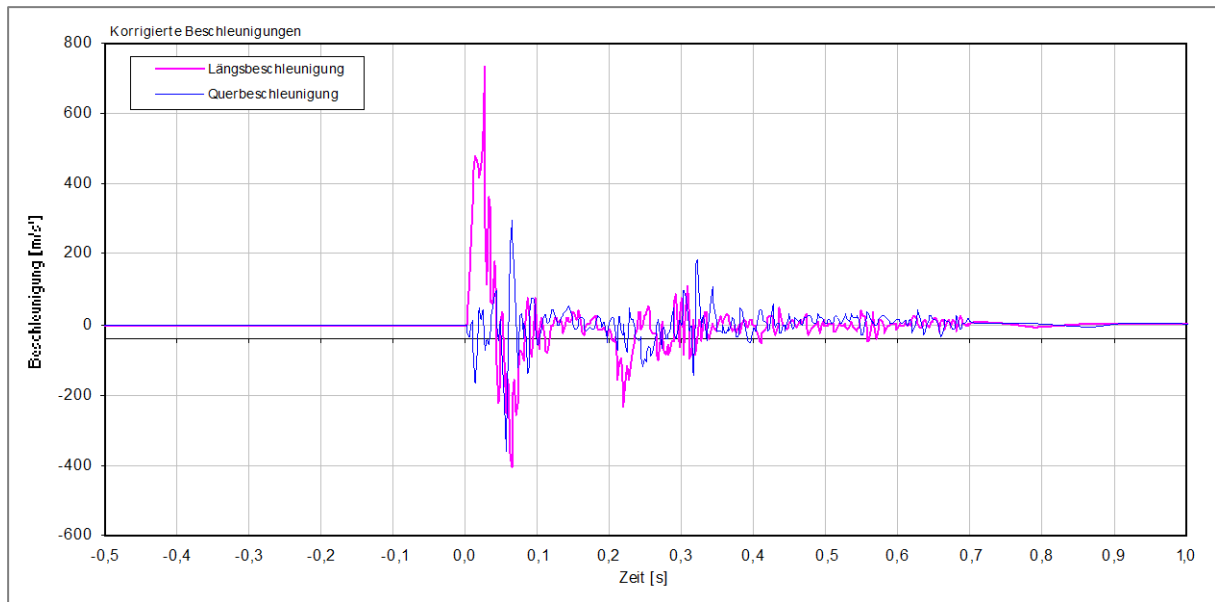


Abb. 10.34: Anhänger – Längs- und Querbeschleunigungen

In **Abb. 10.34** ist der Beschleunigungsverlauf des Anhängers in Längs- und Querrichtung dargestellt. Auffällig sind die extrem hohen Beschleunigungswerte von 73,3 g in Längsrichtung und -36,0 g in Querrichtung.

Die starke positive Längsbeschleunigung im Bereich zwischen 0 und 0,05 s, wurde durch das Auftreffen des Ford Mondeo auf den Anhänger hervorgerufen. Der Knick im ersten Anstieg der Längsbeschleunigungskurve resultiert aus dem Umstand, dass die vorderen Spanngurte des Stahlgerüsts auf dem Anhänger nachgegeben haben. Mit einem Schlag fällt fast die Hälfte des zu beschleunigenden Gewichtes weg, daher steigt die Längsbeschleunigung noch einmal kräftig an. In dem Moment bevor der Anhänger auf den VW Golf trifft, hat dieser eine maximale Geschwindigkeit von 43,9 km/h (**Abb. 10.35**).

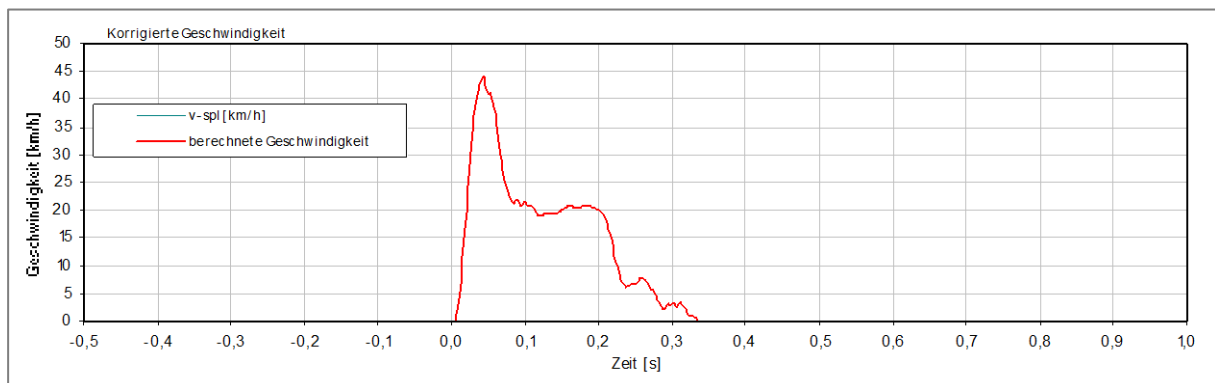


Abb. 10.35: Anhänger – Geschwindigkeitsverlauf

Kurz danach (bei 0,05 s) schlägt die Beschleunigung um, von 73,3 g auf -41,0 g. Das ist der Moment als der Anhänger mit der Schutzplatte auf den VW Golf aufläuft. Das 3er-Gespann aus Ford Mondeo, Anhänger und VW Golf fahren mit etwas mehr als 20 km/h auf die Wand auf (Bereich zwischen 0,1 und 0,2 s). Danach fällt die Geschwindigkeit rapide ab, lediglich die Querbesehleunigung zeigt noch eine Lastspitze. Die resultiert aus dem Einknicken des Gespanns bestehend aus VW Golf und Anhänger (**Abb. 10.36**).

Der maximal zurückgelegte Weg des Anhängers in Längsrichtung betrug vom Startpunkt aus gesehen 1,54 m.



Abb. 10.36: Endstellung der Fahrzeuge

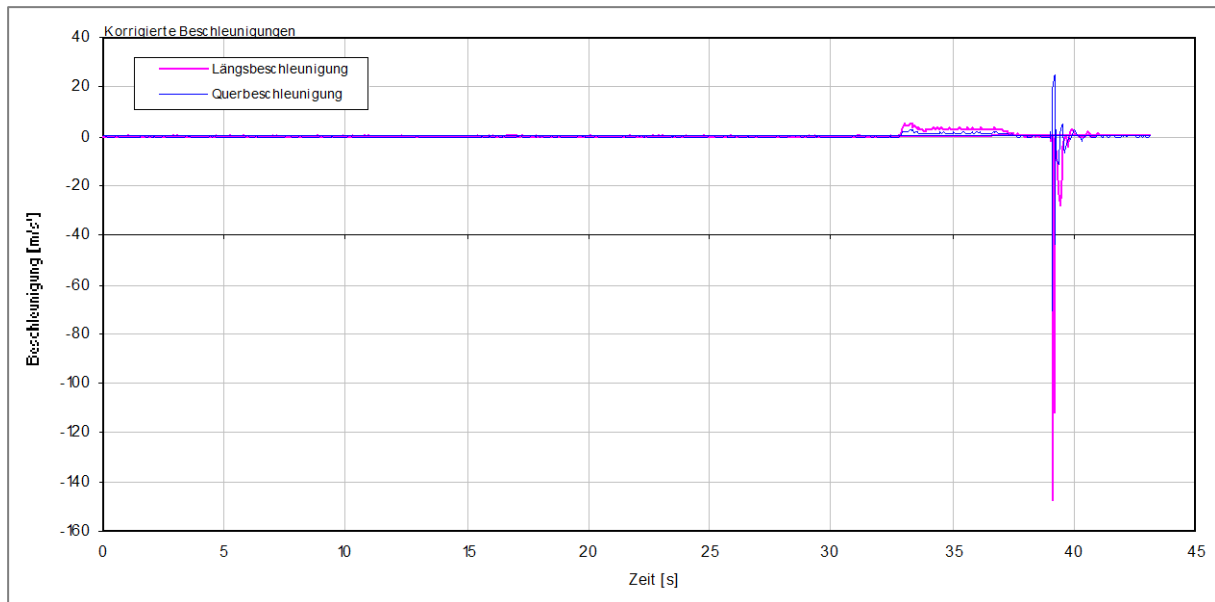


Abb. 10.37: Dummy Ford Mondeo – Längs- und Querbeschleunigungen

In **Abb. 10.37** ist der Beschleunigungsverlauf des Dummies im Ford Mondeo in Längs- und Querrichtung dargestellt. Es wurden in Längsrichtung ein Spitzenwert von 14,7 g und eine maximale Querbeschleunigung von 7,1 g. Diese Person wäre nach dem Crash wahrscheinlich ausgestiegen und hätte maximal ein paar Prellungen oder kleinere Schürfwunden davon getragen. Der Crashbeginn war bei 39,1 Sekunden. Die Ausschläge davor kommen durch den Seilzug zustande, mit dem der Ford Mondeo beschleunigt wurde.

Beim Dummy im VW Golf war die maximale Beschleunigung 0,001 g. Das Gerät hatte offensichtlich ein Defekt und daher nur unrelevante Daten gespeichert. Dieses war bereits nach dem Crashtest aufgefallen, da der UDS beim Versuch die Daten auszu lesen auf eine fehlende Stromquelle hinwies, obwohl alle Leitungen angeschlossen waren. Beim Abgleich eine Stunde zuvor konnte noch kein Fehler festgestellt werden. Es stellte sich später heraus, dass es einen Kabelbruch gab und die gespeicherten Daten vom Einbau in den Dummy stammen. Somit konnte keine Auswertung des Dummies aus dem VW Golf erfolgen.

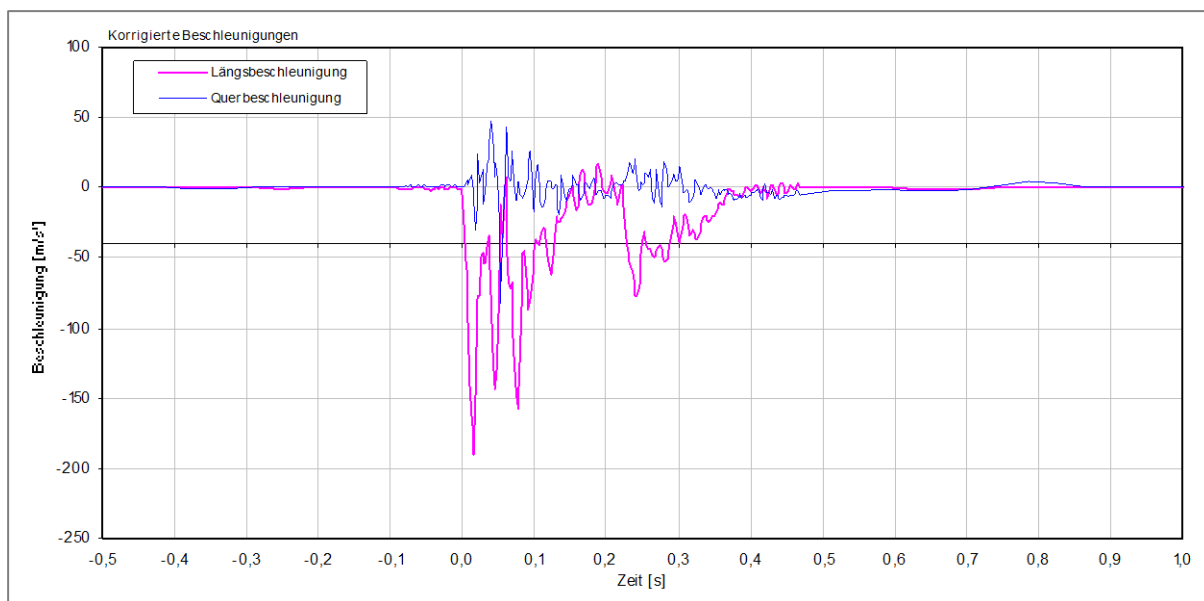


Abb. 10.38: UDS-Auswertung – Ford Mondeo

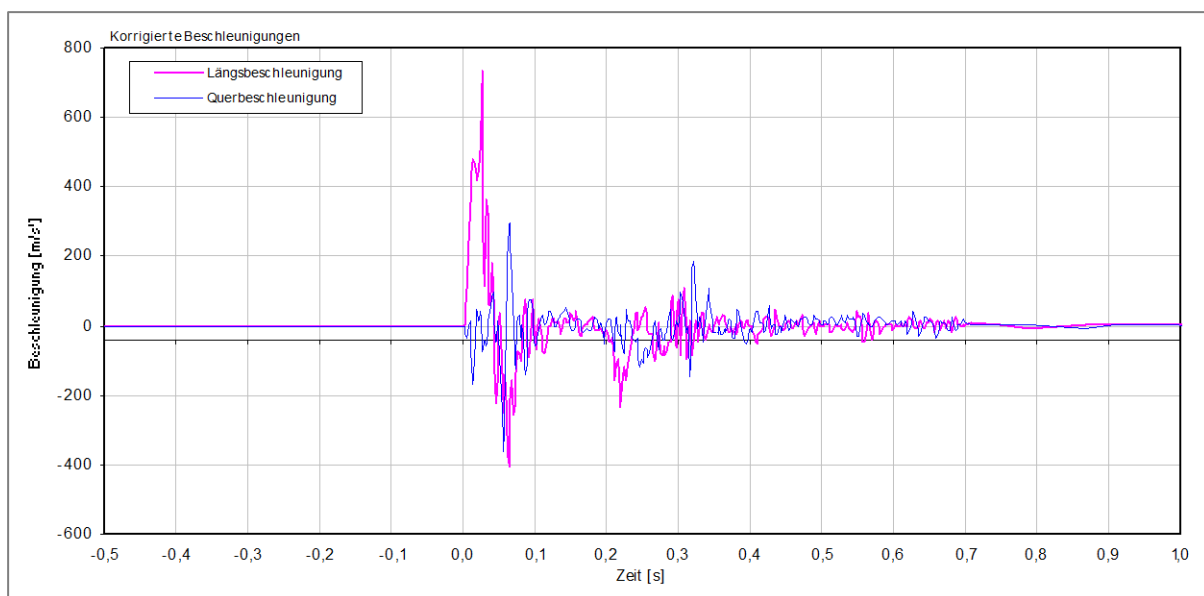


Abb. 10.39: UDS-Auswertung – Anhänger

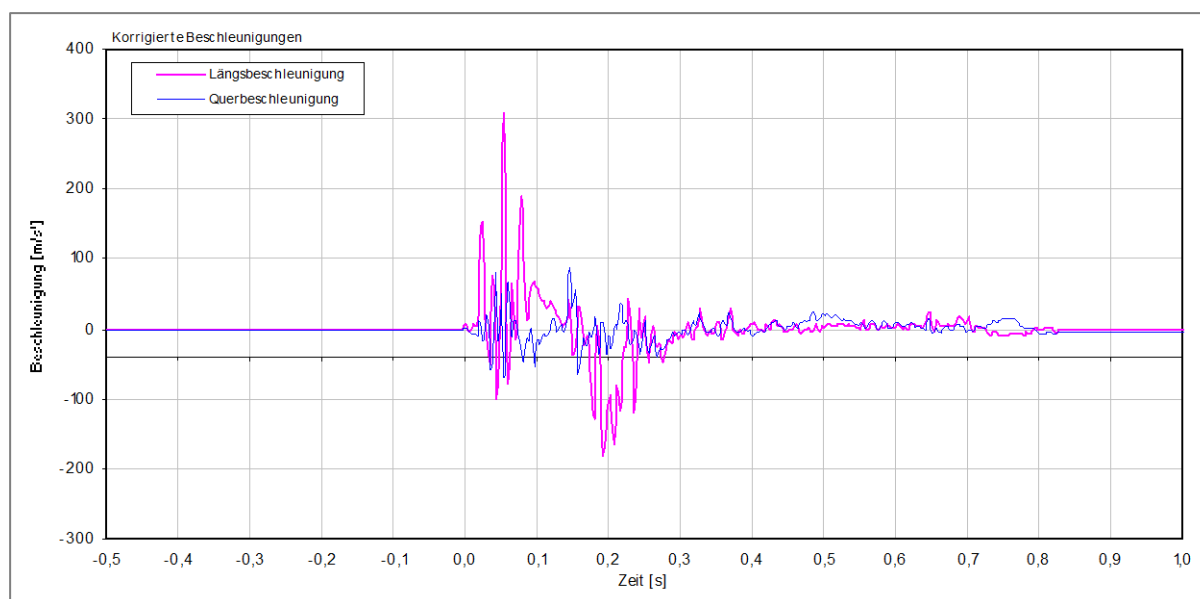


Abb. 10.40: UDS-Auswertung – VW Golf

In den Abbildungen **10.38 – 10.40** sind die Beschleunigungsdiagramme der drei Fahrzeuge dargestellt. Diese sind so angeordnet, dass der zeitliche Verlauf des Crashes korrekt dargestellt wird. Zur Orientierungshilfe sind drei Linien eingezeichnet worden. Dabei markiert die rote Linie den Crashbeginn, also als der Ford Mondeo auf den Anhänger trifft. Die grüne Linie zeigt den Moment, in dem die Trägheit des Anhängers bereits überwunden ist und dieser dann auf den VW Golf trifft. Die blaue Linie zeigt den Augenblick, als der VW Golf vorne gegen die Wand schlägt.

11 Zusammenfassung und Fazit

Im Wintersemester 2012/2013 haben Masterstudenten des Studiengangs Fahrzeugtechnik an der HTW-Berlin im Rahmen der Veranstaltung „Projekt Sicherheit“ einen Crashtest geplant und am 07. Dezember 2012 auf der Crashanlage der TU Berlin durchgeführt. Simuliert wurde ein Auffahrunfall auf einen BE-Zug mit einem auffahrenden PKW. Der primäre Untersuchungsschwerpunkt lag dabei auf dem Verhalten des Anhängers bei einem Heckaufprall mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h. Beim Anhängerkam dabei eine Schutzplatte an der Deichsel zum Einsatz, die ein Eindringen in das Fahrzeug und ein Durchschlagen der zweiten Sitzreihe verhindern soll.

Die eingesetzte Schutzplatte ist ihren Anforderungen gerecht geworden. Sie hat das Eindringen der Deichsel in den Insassenraum verhindert, indem sie sich auf dem Querträger der Anhängerkupplung abgestützt und die einwirkende Kraft auf die Deichsel und den Querträger umgeleitet hat. Das Abstützen erfolgte im oberen Drittel der Schutzplatte (s. **Abb. 7.3**), was als günstiger Fall einzuordnen ist, da sich weder das Kupplungsmaul des Anhängers verfrüht gelöst hat, noch die Anhängerkupplung gebrochen ist. Im ungünstigen Fall hebt sich die Verbindung zwischen Anhänger und Fahrzeug über die Anhängerkupplung auf, was eine Nickbewegung des Anhängers zur Folge hat und die Deichsel weiter oben in das Fahrzeug eindringt **[15][30]**. Die eingesetzte Schutzplatte dieses Crashtests würde im ungünstigen Fall trotz Nickbewegung des Anhängers das Eindringen der Deichsel verhindern, da sie sich mit der weiter zur Verfügung stehenden Höhe am Querträger abstützen würde. Aufgrund dieser Eigenschaft ist auch eine Montage der Schutzplatte weiter hinten in x-Richtung denkbar, wenn die Schutzplatte etwaige Rangierschwierigkeiten im täglichen Fahrbetrieb verursacht. Der Versuch hat außerdem dargestellt, dass die Breite der Schutzplatte ausreichend ist, da die Abstützung auf dem Querträger trotz Schrägstellung der Deichsel erfolgte (s. **Abb. 10.2** und **10.4**). Weiterführende Untersuchungen bei Auffahrunfallversuchen mit Offset können zusätzliche Aussagen über das Abstützverhalten der Schutzplatte geben.

Die untere Befestigungsschraube der Anhängerkupplung hielt den Belastungen nicht stand, was zu einer Verbiegung der Anhängerkupplung um 90° geführt hat. Dies hatte ein Ablösen des Kupplungsmauls des Anhängers zur Folge. Ohne das Abstüt-

zen der Schutzplatte am Querträger wäre die Deichsel auch bei diesem Versuch in den Insassenraum eingedrungen.

Die Ladung des Anhängers wurde bewusst nicht ausreichend gesichert, um einen häufig in der Realität auftretenden Fall nachzubilden. Der Crashtest hat die Auswirkungen einer unzureichenden Ladungssicherung gezeigt. Die Ladung stellt eine hohe Gefahr für die hinteren Insassen und für andere Verkehrsteilnehmer dar, denn sie hat sich auf dem Heck des VW Golf abgestützt und ist im imaginären Gegenverkehr gelandet. In folgenden Sicherheitsprojekten der HTW sollten weitere Möglichkeiten zur Ladungssicherung diskutiert und erarbeitet werden.

Die eingesetzten UDS im Dummy vom Ford Mondeo haben eine Beschleunigung von 14,7 g gemessen, was als unkritisch zu bewerten ist, da ein solcher Wert nicht lebensbedrohlich ist und am Dummy keine sichtbaren Schäden erkennbar waren. Die Stromversorgung des UDS im Dummy vom VW Golf hatte einen Kabelbruch, weshalb das Gerät keine Aussagekräftigen Beschleunigungen für den Versuch aufzeichnen konnte. Der UDS im Fahrzeug selber hat eine Beschleunigung von 31,0 g aufgezeichnet, weshalb ein Überleben der Insassen anzunehmen ist.

Zusammenfassend ist der Crashtest erfolgreich verlaufen und hat den hohen Wert der Anhängerschutzplatte verifiziert.

12 Literaturverzeichnis

- [1] ADAC <http://www.adac.de/infotestrat/tests/crash-test/default.aspx/>
- [2] AMZ <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/50-jahre-crashtest-bei-mercedes-1415514.html/>
- [3] Autobild.de <http://www.autobild.de/bilder/knick-deichsel-schuetzt-insassen-1188642.html/>
- [4] Braukmann, J.;
Hähnel, R.;
Rodewald, H.-L. *Zusatzvorrichtung für eine Anhängerkupplung (Schutzschild)*, Gebrauchsmusterschrift DE202009006846U1
- [5] Braukmann, J.;
Hähnel, R.;
Rodewald, H.-L. *Zusatzvorrichtung für eine Anhängerkupplung (Schutzschild)*, Offenlegungsschrift DE102009020989A1
- [6] Deppe, S.;
Schönberger, C. *Konzept zum Schutz vor Deichseleindringung als Unfallfolge beim Pkw-Zug*, Diplomarbeit an der FHTW-Berlin, Mai 2005
- [7] Carhs GmbH <http://www.carhs.de/>
- [8] ClaimMS GmbH <http://www.colliseum.net/wiki/index.php?title=UDS/>
- [9] COMPUTER BILD
Digital GmbH <http://i.computer-bild.de/>
- [10] Euro NCAP <http://www.euroncap.com/>
- [11] FOCUS Online www.focus.de/
- [12] Geske, B. *Fortgegeben zum Kaputtfahren Premnitzer Autohaus H&H sponserte Studenten der HTW Berlin einen Pkw für einen ungewöhnlichen Crashtest*, Märkische Allgemeine (MAZ), 14.12.2012
- [13] IIHS www.iihs.org/
- [14] Kobow, O. *Forschung an der Hochschule*, Berliner Fahrschulrundschaue, Heft 1/2013
- [15] Labor für
Fahrzeugtechnik,
HTW Berlin *Videomaterial zu den vorangegangenen Crashtestversuchen*, <http://fzt-master.htw-berlin.de/labor/crashversuche/>

- [16] Mercedes - Benz Museum www.mercedes-benz-passion.com/
- [17] Motor Presse Stuttgart <http://www.motor-klassik.de/bilder/unfallsicherheitsforschung-50-jahre-crash-tests-bei-mercedes-1409392.html>
- [18] Murri, R. *Auffahrunfall eines Opel Astra auf einen Opel Omega mit Wohnanhänger*, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik (VKU), Dezember 2010
- [19] Nerlich, S. *Erhöhung der passiven Sicherheit von Pkw-Anhängern*, Diplomarbeit an der FHTW-Berlin, Februar 2005
- [20] NetMediaInteractive GmbH http://www.cnet.de/wp-content/uploads/legacy_images/story_media/
- [21] Reichert, S. *Optimierung einer Schutzvorrichtung für einen Pkw-Anhängerzug*, Diplomarbeit an der FHTW Berlin, März 2007
- [22] Rodewald, H.-L. *Anhängertagung (E-H030-12-205-6)*, 07.12.2006, FHTW Berlin
- [23] Rodewald, H.-L.; Brauckmann, J. *Crashsicherheit beim PKW-Anhängerzug*, Zeitschrift für Verkehrssicherheit (ZVS), Heft 1/2008
- [24] Rodewald, H.-L.; Studierende des Fachbereichs II, HTW Berlin Projektbericht WS 1996/1997
- [25] Rodewald, H.-L.; Studierende des Fachbereichs II, HTW Berlin Projektbericht WS 2005/2006
- [26] Rodewald, H.-L.; Studierende des Fachbereichs II, HTW Berlin Projektbericht WS 2006/2007
- [27] Rodewald, H.-L.; Studierende des Fachbereichs II, HTW Berlin Projektbericht WS 2007/2008

- [28] Rodewald, H.-L.;
Studierende des
Fachbereichs II,
HTW Berlin Projektbericht WS 2009/2010
- [29] Rodewald, H.-L.;
Studierende des
Fachbereichs II,
HTW Berlin Projektbericht WS 2010/2011
- [30] Rodewald, H.-L.;
Studierende des
Fachbereichs II,
HTW Berlin Projektbericht WS 2011/2012
- [31] Rodewald, H.-L. *Unfallschutzvorrichtung für Anhänger
(Schutzplatte)*, Gebrauchsmusterschrift
DE202011104678U1
- [32] Rodewald, H.-L. *Unfallschutzvorrichtung für Anhänger
(Schutzplatte)*, Offenlegungsschrift
DE102011111008A1
- [33] Rodewald, H.-L.;
Hähnel, R. *Zusatzvorrichtung für eine Anhängerkupplung
(Schutzplatte)*, Offenlegungsschrift
DE102006010462A1
- [34] Rodewald, H.-L.;
Hähnel, R. *Zusatzvorrichtung für eine Anhängerkupplung
(Schutzplatte)*, Patentschrift DE102006010462B4
- [35] Ruff, D. *Konzept eines Unfallzusatzschutzes beim Pkw-
Anhängierzug*, Diplomarbeit an der FHTW-Berlin,
Juli 2003
- [36] Schadewald, H. *Schutz vor Eindringling*, Fahrschule, Heft 2/2013
- [37] Schimmelpfennig, K.-H. *Der Pkw-Anhänger – ein vergessenes Produkt in
der Diskussion zur passiven Sicherheit ,
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik (VKU),
Januar 2011*
- [38] Statistisches Bundesamt Wiesbaden *Verkehrsunfälle - Zeitreihe 2004,*
Artikelnummer: 5462403047005,
Stand 21. Oktober 2005,

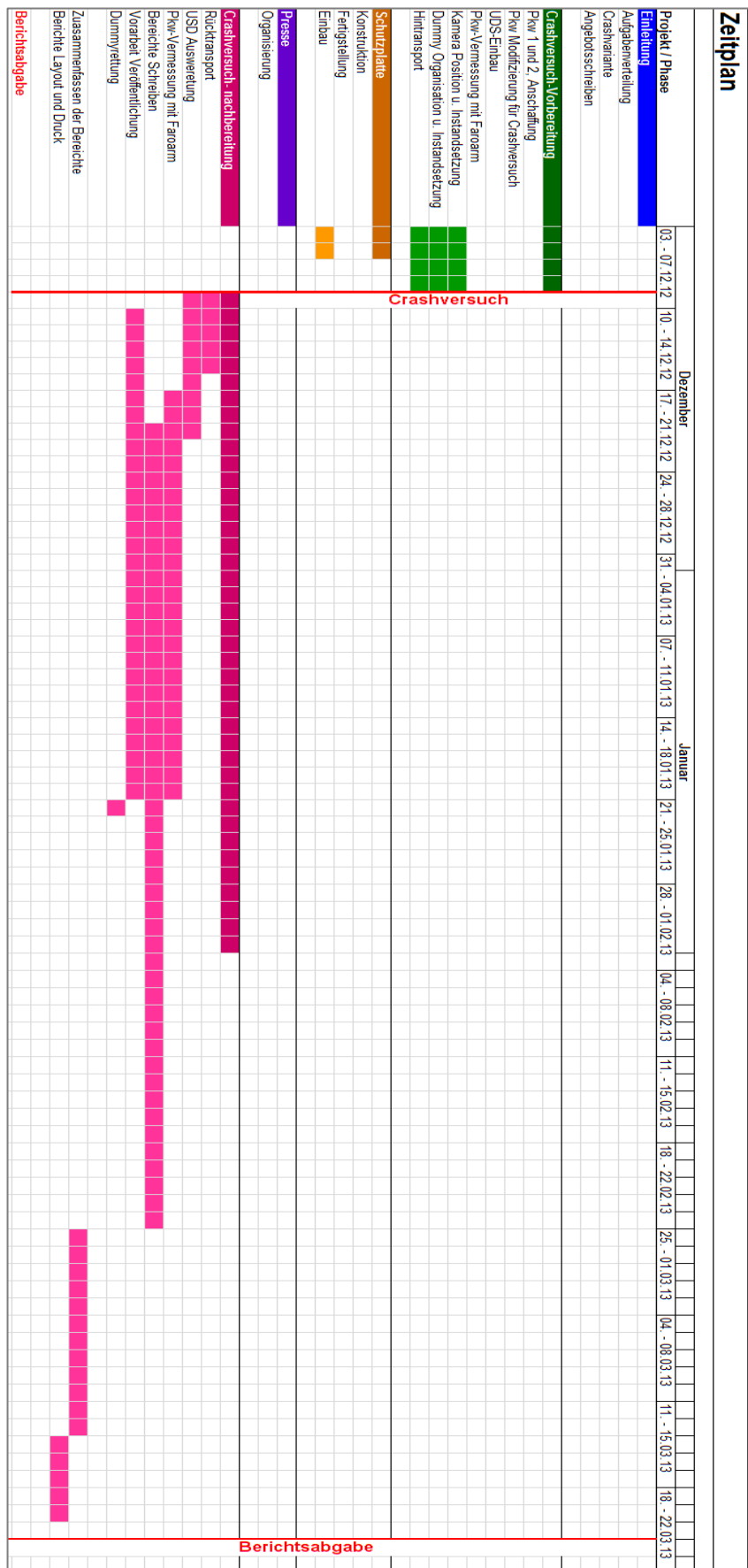
- [39] Stedtnitz, W.;
Hauffe, R.,
HTW Berlin Script zur Laborübung *UDS*, HTW Berlin
- [40] The Daily www.thedaily.com
- [41] Thomas Publishing
Company <http://cfnewsads.thomasnet.com/>
- [42] TU Berlin http://www.kfz.tu-berlin.de/menue/ueber_uns/ausstattung/crash-anlage/
- [43] TU Chemnitz <http://www.lwt.tu-chemnitz.de/ausruestung/hg100k.htm/>
- [44] Wikipedia <http://www.wikipedia.org/>
- [45] You-Tube, LLC;
Leddin, J. *Video zu Crashtest und Dummyrettung*,
<http://www.youtube.com/watch?v=hvRPBYhZoC>
c

13 Anhang

A 1	Zeitplan	I
A 2	Protokolle der regelmäßigen Sitzungen	III
A 3	Projektbeschreibung für die Presse	VIII
A 4	Skizze der Crashsituation	X
A 5	Fiktive Angebote der Masterstudenten	XI

A 1 Zeitplan

Zeitplan						
Projekt / Phase	Bearbeiter	Beginn	Abschluss	Dauer	Gantt Chart	
Einführung						
Aufgabenverteilung	Alle	10.10.2012	10.10.2012	1 Tag	08-12-2012	
Crashvariante	Alle	10.10.2012	17.10.2012	7 Tage	15-19-10-12	
Angebots schreiben	Alle	10.10.2012	24.10.2012	14 Tage	22-26-10-12	
Crashversuch-Vorbereitung						
Pkw 1 und 2, Anschaffung	Trispiet + Leddin	10.10.2012	02.11.2012	26 Tage	29-02-11-12	
Pkw Modifizierung für Crashversuch	Trispiet + Leddin	05.11.2012	30.11.2012	4 Wochen	05-09-11-12	
UDS-Einbau	Haertel	26.11.2012	30.11.2012	1 Woche	12-16-11-12	
Pkw-Vermessung mit Faroarm	Weidke + Volquardsen	19.11.2012	30.11.2012	2 Wochen	19-23-11-12	
Kamera Position u. Instandsetzung	Trispiet + Haertel	22.11.2012	07.11.2012	46 Tage	26-30-11-12	
Dummy Organisation u. Instandsetzung	Haertel	22.11.2012	07.11.2012	46 Tage	26-30-11-12	
Hintransport	Trispiet + Leddin	03.12.2012	07.11.2012	4 Tage	26-30-11-12	
Schutzplatte						
Konstruktion	Marktsch	-	09.11.2012	5 Wochen	12-16-11-12	
Fertigstellung	Marktsch	12.11.2012	28.11.2012	17 Tage	19-23-11-12	
Einbau	Marktsch	29.11.2012	04.12.2012	6 Tage	26-30-11-12	
Presse						
Organisation	Dietze	10.10.2012	30.11.2012	8 Wochen	12-16-11-12	
Crashversuch- nachbereitung						
Rücktransport	Trispiet + Leddin	07.12.2012	13.12.2012	1 Woche	12-16-11-12	
USD Auswertung	Neumann + El Jorani	07.12.2012	19.12.2012	12 Tage	19-23-11-12	
Pkw-Vermessung mit Faroarm	Weidke + Volquardsen	18.12.2012	18.01.2013	5 Wochen	19-23-11-12	
Bereiche Schreiben	Alle	07.12.2012	18.01.2013	65 Tage	19-23-11-12	
Vorarbeit Veröffentlichung	Alle	07.12.2012	18.01.2013	6 Wochen	19-23-11-12	
Dummyrettung	Dietze + Feuerwehr	20.01.2013	20.01.2013	1 Tag	26-30-11-12	
Zusammenfassen der Bereiche	Alle	25.02.2013	12.03.2013	17 Tage	26-30-11-12	
Berichte Layout und Druck	Alle	13.03.2013	19.03.2013	1 Woche	26-30-11-12	
Berichtsabgabe	Alle		21.03.2013			



A 2 Protokolle der regelmäßigen Sitzungen

10.10.2012

- Erste Sitzung
- Aufgabenverteilung an die Projektteilnehmer
- Bekanntgabe der außenstehenden Mitwirkenden wie Hr. Märksch (Schutzplatte), Hr. Röse (TÜV Rheinland Group) und Hr. Glatt (TU-Berlin)
- Vorschlag zweier Crash-Varianten
 - Variante 1: Pkw mit Hänger gegen die Wand
 - Variante 2: Auffahrumfall, Pkw1 fährt auf stillstehenden Pkw2 + Hänger auf
- Kontakt aufnehmen zu Herrn Weide wegen den Dummy's + Einweisung

17.10.2012

- Die Entscheidung der Crash-Variante ist ein Auffahrumfall auf einen Golf 3 mit beladenem Anhänger. Auffahrfahrzeug ist ein Ford Mondeo Kombi mit einer Geschwindigkeit von 50km/h.
- Hr. Leddin und Hr. Trispel bestätigen die Zusagen der benötigten Fahrzeuge
- Zur nächsten Woche ist ein Angebot jedes Teilnehmer bzgl. seiner Aufgabe anzufertigen und abzugeben
- Fahrschule- und ALKO-Vertreter nehmen an Versuch teil
- Fr. Thule liefert die Anhängerkupplung aus

24.10.2012

- Bestätigung der TU-Berlin für die Durchführung des Crashversuchs
- 800 kg Achslast für den Anhänger
- Hr. Dietze lädt Fahrschul- und ALKO-Vertreter zum Crash ein
- Hr. Dietze schreibt eine Veröffentlichung für einen Ableger der ATZ
- Eine Kameraposition soll oben angebracht werden, damit ein Blick auf die Deichsel vorhanden ist

- Frage von Prof. Rodewald: Soll eine Dachbox zusätzlich auf den Mondeo montiert werden?
- Crashbahnbesichtigung am 31.10.2012 an der TU-Berlin
- Dummy's stehen zur Abholung bereit

07.11.2012

- Private Kameras sollen mitgenommen werden → Hr. Leszinski nimmt eine mit
- Kamerapositionen müssen klar festgelegt werden (3 Kameras stehen zur Verfügung)
- Anwesende bei der Vorbereitungswoche:
 - Haertel
 - Leddin
 - Trispel
 - Wulfers
- Es sind genug Dummies für den Crash vorhanden (sogar Kinderdummy)
- Zeitpunkt für das Auslösen der Kameras vor t_0 festlegen
 - Prof. Rodewald: mindestens 50 ms vor t_0
- Zeitpunkt t_0 bei Berührung zwischen Anhänger und Mondeo
- Schwarz/Weiß-HS-Kamera der HTW ebenfalls auf von Hr. Haertel testen lassen, um sie für den Crash eventuell mitzubedenutzen
- Falls der Mercedes Transporter der HTW ausfallen / nicht zur Verfügung stehen sollte, bringt Hr. Leddin ein weiteres Transportmittel mit
- Zwei Schulklassen werden bei dem Crash ebenfalls anwesend sein (11. Klasse)
- Beladung des Anhängers nicht verschrauben, sondern nur (mit Zugseilen) festziehen
- Durchsprache der Angebote

21.11.2012

- TÜV-Aufkleber von Herrn Röse in der Vorlesungszeit abholen
- Zusage für eine Veröffentlichung in der ATZ
- Erhalt des Übergabeprotokoll für die UDS-Systeme und die Dummies
- Beide PKWs würden Lackiert und von Flüssigkeiten befreit
- Fertigstellung der Schutzplatte mit anschließendem Einbau am 28.11.2012
- Festlegung der Teilnehmer für die Vorbereitung am 05.12. und 06.12.2012 an der TU-Berlin

05.12.2012

Erster Vorbereitungstag für den Crashversuch an der Crashbahn der TU-berlin.

- VW Golf III und Anhänger ausgerichtet (50cm Abstand von Crashwand)
- Ford Mondeo auf die Crashbahn gehoben
- Bestimmung der Kamerapositionen
 - Position CAM1, über Anhängerkupplung (TU-Kamera)
 - Position CAM2, links ausgerichtet auf Anhänger und Golfheck (TU-Kamera)
 - Position CAM3, links ausgerichtet auf den gesamten Zug (Kamera von Prof. Dr. Stedtnitz)
 - Position CAM4, schräg-hinten-links ausgerichtet auf Anhänger und Ford-front (TU-Kamera)
- Crashbahnbeleuchtung ausgerichtet
- Kameraauslöser durch Platte, wird überfahren vom linken Vorderrad, 1m vor Aufprall.
- Sicherheitsauslöser wurde am Anhänger befestigt der beim Aufprall auslöst
- Dummy's wurden mit der vom LKA zur Verfügung gestellten Kleidung bekleidet (4 Dummypuppen)
- Lichtschranke positioniert und kalibriert

VW Golf:

- Fahrer 95 kg Dummy
- Beifahrer 75 kg Dummy
- Rückbank rechts 95 kg Dummy
- Rückbank links Koffer

Ford Mondeo:

- Fahrer 50 kg Dummy
- Kofferraum 2 Kisten mit je 6 x 1,5 l gefüllte Wasserflaschen (soll noch auf insgesamt 5 Kisten aufgestockt werden)

06.12.2012

Zweiter Vorbereitungstag für den Crashversuch an der Crashbahn der TU-berlin.

- Leinwand für den Einleitungsvortrag vorbereiten
- Beamer und Laptop auf Tisch positionieren
- Vortrag an die Leinwand anpassen (Helligkeit und Größe der Bilder und Videos)
- Aufgaben für den 07.12.2012 definieren

19.12.2012

- Beitrag in der Märkischen Allgemeine
- Übergabeprotokoll zu Rückgabe der Dummy's, des Radsensors und der USD-Geräte an das Ing.-Büro Weyde
- Ermittlung der Aufgabenstatus
- Betrachtung und Auswertung der bisherigen Vermessung nach dem Crashtest
- Auswertung der erstellten Fotos und Videos am Crashversuchstag
- Feststellung das die Beladungssicherung des Anhängers nicht ausreichend war (kleine Auswertung im Abschlussbericht)
- Highspeed-Kamera lösen 1 m vor Aufprall aus (Offset von 160-165 ms)
- Lichtschranke hat eine Geschwindigkeit von 50,9 km/h gemessen

- nächster Pflichttermin ist am 16.01.2013
- am 19.01.2013 findet die Dummyrettung durch die Feuerwehr, mit einleitender Präsentation von Herrn und Unterstützung der teilnehmenden Kommilitonen um 9 Uhr statt, kein Pflichttermin

16.01.2013

- Druckexemplare
 - Rodewald: 3 + CD
 - TÜV Rheinland Group: 1 + CD
- Filme auf die Labor-Homepage der HTW hochladen
 - Herr Härtel ist verantwortlich
 - Komplettes Video von Herrn Leddin
 - Dateigröße soll etwa 2 – 3 MB betragen
- Aussagekräftigste Bilder der HS-Filme in den Bericht übernehmen
- Mitte bis Ende März bei der VKU melden
 - Kurzfassung des Berichts für die Veröffentlichung
- Hr. Röse hat 25 Anhängerschutzsysteme beauftragt, die an bestimmten Fahr-
schulanhängern angebracht werden, Produktion und Montage zahlt die TÜV
Rheinland Group
- Samstag 19.01.2013 um 09:00 Uhr ist ein Pflichttermin, Dummyrettung durch
die Feuerwehr
- Berechnung liegt händisch vor, Herr Neumann kümmert sich um die FEM-
Berechnung
- Vermessung an den Fahrzeugen wurde beendet, Einbindung in CATIA erfolgt
noch
- Zunächst keine weiteren Termine mehr mittwochs im ersten Block
- Die Zuständigkeiten der Kapitel wird in die Einleitung übernommen

A 3 Projektbeschreibung für die Presse

Jedes Jahr findet im Rahmen der Lehrveranstaltung „Projekt Sicherheit“ im Masterstudiengang Fahrzeugtechnik ein Crashversuch statt. Unter der Leitung von Prof. Hanns-Lüdecke Rodewald wird hierbei seit ein paar Jahren verstärkt das Crashverhalten eines BE-Zugs (PKW mit 800kg schweren Anhänger) untersucht. Hauptaugenmerk liegt auf dem Eindringen der Anhängerdeichsel, da dies zu schwersten Verletzungen der auf der Rückbank befindlichen Person führen kann. Nach ersten Versuchen, welche die Gefahr des Eindringens klar darlegten wurden unterschiedliche Lösungsansätze erdacht, realisiert und in einem Test überprüft. Der am 07.12.2012 absolvierte Crashversuch überprüfte die Wirksamkeit einer Schutzplatte an der Anhängerdeichsel. Diese Platte wurde von einem Studenten der HTW entwickelt und konnte in einem ersten Testlauf im Jahr 2011 noch nicht das gewünschte Ergebnis erzielen. Aus diesem Grund wurde die Schutzplatte überarbeitet und erneut getestet. Simuliert werden sollte ein Auffahrunfall an einer Kreuzung mit 50 km/h. Unterstützt wurde die HTW hierbei von dem TÜV Berlin Brandenburg, Thule, der TU Berlin, dem Ingenieurbüro Weyde und der Unfallanalyse Berlin.

Folgende Crashesituation wurde ausgewählt.

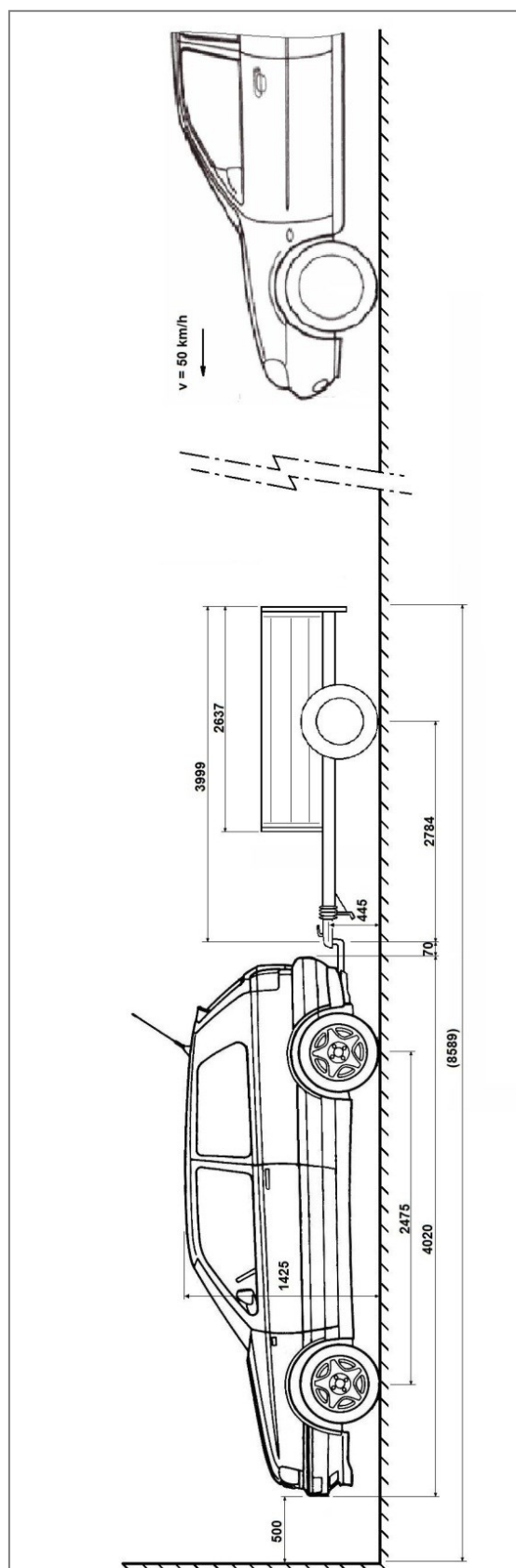
Ein VW Golf 3 wurde in einem Abstand von 0,5m vor der Aufprallwand gestellt. An dem Golf wurde ein ca. 800 kg schwerer Anhänger angehängen. Das Gewicht des Anhängers setzte sich aus dem Eigengewicht des Anhängers von ca. 280 kg und mehreren Metallteilen in dem Anhänger mit einer Gesamtmasse von ca. 500 kg zusammen. Die Metallteile wurden mit Spanngurten gesichert. Allerdings erfolgte die Sicherung bewusst nicht nach Vorschrift, sondern so wie man es im Realfall häufig antrifft. Auf dieses Gespann fuhr mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h ein Ford Mondeo Kombi auf. Überprüft wurde das Eindringverhalten der Anhängerdeichsel, welches durch die Schutzplatte positiv verändert werden sollte. Ebenso wurde die Wertigkeit der Ladungssicherung überprüft.

Folgende Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

Die Schutzplatte hat das Eindringen der Anhängerdeichsel erfolgreich verhindert und somit die Insassen auf der Rückbank vor der eindringenden Deichsel geschützt. Die Schutzplatte war somit ein voller Erfolg.

Die Ladung war unzureichend gesichert. Das größte Metallteil flog nahezu ungehindert von dem Anhänger und deformierte das Zugfahrzeug stark am Heck. In einer realen Kreuzungssituation wäre das Metallteil überdies auf der Gegenfahrbahn zum liegen gekommen und hätte dort einen weiteren Unfall hervorrufen können.

A 4 Skizze der Crashsituation



A 5 Fiktive Angebote der Masterstudenten

Peter Dietze:

Dietzes Öffentlichkeitsarbeit | Aroser Allee 43 | 13407 Berlin

Berlin, 17.10.2012

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Fachbereich 2- Ingenieurwissenschaften 2

Prof. Rodewald

Wilhelminenhofstraße 75a

12459 Berlin

Angebot Nr. OEA 10/12

Öffentlichkeitsarbeit für einen Crashversuch

Sehr geehrter Prof. Rodewald,

Die Firma Dietzes Öffentlichkeitsarbeit ist ein junges Unternehmen, welches sich auf die Öffentlichkeitsarbeit für Ingenieursdienstleistungen spezialisiert hat.

Im Bezug auf Ihre Anfrage vom 17.10.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot.

Öffentlichkeitsarbeit für einen Anhänger-crashversuch

Für den Crashversuch soll der Kontakt mit Fachzeitschriften und teilnehmenden Einrichtungen hergestellt werden. Publikationen in den entsprechenden Zeitschriften sollen im Anschluss an den Crashversuch erfolgen.

1. Leistungsumfang

Kontaktaufnahme mit der TU Berlin wegen der Crashstrecke inkl. Vorortterminen.

Kontaktaufnahme mit dem TÜV Rheinland wegen des Crashaufbaus inkl. Vorortterminen.

Kontaktaufnahme mit Fachzeitschriften wegen Publikationen.

2. Termine

Die Absprachen mit den einzelnen Zeitschriften und Mitveranstaltern sind bis zum Crashversuchstermin am 07.12.2012 abzuschließen. Abschließend ist ein Artikel für die Fachzeitschriften anzufertigen.

3. Kosten

Mit folgenden Kosten ist zu rechnen.

Projektzeitraum:	10.10.2012 - 11.02.2013 (18 Wochen)	
Wochenarbeitszeit:	3	Stunden
Gesamtarbeitszeit:	54	Stunden
Stundenlohn:	75	€/Stunde
Fahrdistanz („Innerorts“ 50km/Woche):	900	km
Kilometerpauschale:	0,50	€/km

Arbeitslohn:	4050	€
Fahrpauschale:	450	€
Nettolohn:	4500	€
Mehrwertsteuer 19%:	855	€
<u>Angebotssumme:</u>	<u>4905</u>	<u>€</u>

4. Zahlungshinweise

Die Zahlung hat wie folgt zu erfolgen:

50% der Angebotssumme bei Auftragsvergabe

50% der Angebotssumme bei Auftragsende

5. Gültigkeit

Das Angebot ist vier Wochen ab Angebotserstellung gültig.

Wir hoffen unser Angebot entspricht Ihren Vorstellungen und würden uns über eine Auftragsvergabe freuen. Für Rückfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich zur Verfügung.

Geschäftsführer

B. Eng. Peter Dietze

Abdelyllah El Joraani, Robert Neumann:

Ingenieurbüro
El Joraani & Neumann

Prof. Rodewald
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Wilhelminenhofstr. 75A

12459 Berlin

Angebot 212/12 Berechnungen zu einem Crashversuch

Sehr geehrter Prof. Rodewald,

das Ingenieurbüro El Joraani & Neumann steht seit Jahren für Qualität und Zuverlässigkeit bei der Berechnung statischer als auch dynamischer Systeme.
Bezug nehmend auf unser Gespräch am 10.10.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Berechnungen zu einem Crashversuch

Der Umfang der Berechnungen setzt sich aus den Betrachtungen vor dem Crash und der Auswertung nach dem Crash zusammen. Es wird ein Bericht dazu angefertigt. Die benötigten Daten werden vom Ihnen oder Ihren Mitarbeitern bereitgestellt. Die Berechnungen beginnen 6 Wochen vor und enden 6 Wochen nach dem Crashversuch.

Die dadurch entstehenden Kosten sind folgende:

- 25 Stunden Berechnungsingenieur a 77,70€		1942,50€
	19% USt	369,08€
		2311,58€

Die Zahlung erfolgt 14 Tage nach Abgabe des Berichtes.

Es gelten die beigefügten allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Dieses Angebot ist gültig bis zum 31.10.2012.

Wir hoffen, Ihnen sagt unser Angebot zu und freuen uns auf die möglich Zusammenarbeit.

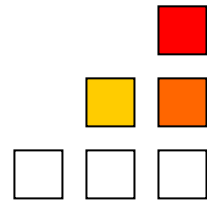
Mit freundlichen Grüßen

B.Eng Neumann

B.Eng El Joraani

Frankfurter Allee 2 10247 Berlin 030 / 47 38 294
Berliner Sparkasse BLZ: 10050000 Kto-Nr: 2048273519
UstID: 17/92854

Oliver Haertel:



H&H ENGINEERING

**Ingenieur- und Sachverständigenbüro
Am Gewerbering 2
15555 Berlin
Deutschland**

**TUV Rheinland
Abteilung Fahrprüfung
Herrn Prüfer
Teststraße 44
88088 Bitburg**

**info@hhengineering
Steuernr. 21/213/21312**

Berlin, den 22.10.2012

Angebot Nr. 001 01 102012 Vorbereitung und Auswertung des Crashtests

Das Unternehmen H&H Engineering ist ein zielstrebiges und innovatives Familienunternehmen, das im Bereich der Unfallrekonstruktion und –auswertung auf eine große Tradition zurückschauen kann. Mit Hilfe spezieller Vermessungstechnik und mit Hilfe modernsten Fotoequipments ist es unseren Sachverständigen möglich eine aussagekräftige Sicherung der Beweise zu gewährleisten.

Vielen Dank für die Anfrage und das in unser Unternehmen gesetzte Vertrauen. Bezug nehmend auf diese Anfrage vom 18.10.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Vorbereitung und Auswertung der Crashtestdummys sowie der Kameratechnik

Der Crashtest soll auf der Crashbahn der TU Berlin durchgeführt werden. Zur Vorbereitung der Crashtestdummys und der Kameratechnik werden ein Ingenieur und ein Mechaniker, sowie eine studentische Hilfskraft benötigt. Nach Absprache werden diese durch Mitarbeiter des Auftraggebers unterstützt.

1. Leistungsumfänge

Zur Durchführung eines Crashtestversuches nach Lastenheft des Auftraggebers, werden 4 Crashtestdummys vom Typ Hybrid 3 benötigt, wovon 2 über einen Unfalldatenspeicher (UDS) verfügen sollen. Die UDS sowie die Filmaufnahmen der Highspeed-Kameras sollen ausgewertet werden und die Ergebnisse im Abschlussbericht dokumentiert werden.

Folgende Tätigkeiten sollen durchgeführt werden

- Ausrüstung der Versuchsfahrzeuge (2 PKWs und ein Anhänger) mit UDS
- Dummys vorbereiten und zwei davon mit UDS versehen (nach Lastenheft)
- Auswertung der UDS
- Kontrolle/Vorbereiten der UDS sowie Kontrolle/Positionierung der Dummys auf der Crashbahn der TU Berlin

- Aufbau derameratechnik (3 Highspeed-Kameras), Ausrichtung laut Lastenheft
- Auswertung der Filmaufnahmen
- ggf. Dummies reparieren/instand setzen
- Dummies, UDS und Kameras werden leihweise gestellt (kostenpflichtig)

2. Bereitstellungen

Der Auftraggeber stellt die Versuchsfahrzeuge vor dem Crashtest bereit, um diese mit den Unfalldatenspeichern ausrüsten zu können. Alle Fahrzeuge incl. Anhänger werden von H&H Engineering innerhalb Deutschlands umgerüstet. Die dafür anfallenden Kosten für den Transport des Equipments, sowie sämtliche Reisekosten, Fahrtkosten und anfallenden Spesen, trägt im vollen Umfang der Auftraggeber.

3. Termine

Mit den Arbeiten kann 6 Wochen nach Auftragsvergabe begonnen werden. Spätestens fünf Wochen vor dem geplanten Crashtestversuch müssen die Versuchsfahrzeuge incl. Anhänger H&H Engineering zur Verfügung stehen. Für die Ausrüstung der Fahrzeuge sind 12 Werktage vorgesehen. Diese starten mit dem Tage der Abgabe an H&H Engineering.

4. Kosten

Für die bereits genannten Vorbereitungen und Auswertungen der Crashtestdummies, sowie die derameratechnik und Filmaufnahmen machen wir Ihnen folgendes Angebot:

Vorbereitungen des Crashtestes

16 Stunden gewerblicher Mitarbeiter à 48,20 €/h	771,20 €
8 Stunden Versuchs-Ingenieur à 73,66 €/h	589,28 €
8 Stunden studentischer Mitarbeiter à 20,00 €/h	160,00 €
Sachkosten (UDS, Halter, etc):	1800,00 €
Reisekosten, An- /Abfahrt, Spesen, (nach Aufwand) geschätzt auf:	2233,80 €
davon:	
24 Stunden An/Abfahrt (pauschal) à 48,20 €/h	1156,80 €
Kraftstoffkosten je nach aktuellen Preis, etwa:	300,00 €
Reisekosten (Unterkunft, Fahrzeug):	672,00 €
Spesen	105,00 €

Auswertung des Crashtestes

6 Stunden gewerblicher Mitarbeiter à 48,20 €/h	289,20 €
16 Stunden Versuchs-Ingenieur à 73,66 €/h	1178,56 €

Summe für die Durchführung (gesamt) netto **7022,04 €**

zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer in Höhe von z. Zt. 19% 1334,19 €

Angebotssumme: **8356,23 €**

5. Zahlungshinweise

Die Zahlung der fälligen Summe erfolgt in zwei Stufen. Bei Auftragsvergabe werden 30% der Angebotssumme angezahlt. Die verbleibenden 70% werden im vollen Umfang bis spätestens vier Wochen nach Rechnungsstellung fällig.

6. Gewährleistung

Die Gewährleistung kann im vollen Umfang nur garantiert werden, wenn die oben genannten Fristen eingehalten werden. Sollte dies nicht der Fall sein, behalten wir uns vor den Auftrag in der genannten Frist zu bearbeiten.

7. Gültigkeit

Das Angebot ist 8 Wochen lang gültig, ab dem oben genannten Datum. Bei einer Beauftragung nach dieser Frist können sich der Leistungsumfang, die Termine und die Kosten ändern.

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns über die Beauftragung zur Durchführung des Versuchs sehr freuen. Für offene Fragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Ing. O. Haertel
Geschäftsführer H&H Engineering

Jan Leddin:

JL Automotive Engineering

Baustr.12
14712 Rathenow
Tel. 03385/123463
email: jlautomotive@gmx.de

10.10.2012

Angebot

HTW Berlin
Fahrzeugtechniklabor
Herr Prof. Rodewald
Wilhelminenhofstraße 75A
12459 Berlin

Angebot Nr.: 1274/A34 Fahrzeug Beschaffung und Vorbereitung für einen Crashtest

Sehr geehrter Herr Rodewald,

die Firma JL Automotive Engineering ist ein innovatives Unternehmen das sich mit speziellen Fahrzeug Crashtests befasst. Durch unsere langjährige Erfahrung in diesem Gebiet können wir Sie bestmöglich unterstützen bei ihrem Versuch.
In diesem Angebot nehmen wir Bezug auf ihre Anfrage vom 18.10.2012:

Fahrzeug Beschaffung und Vorbereitung für einen Crashtest

Für den Versuch werden zwei PKWs und ein Anhänger benötigt. Die Fahrzeuge und der Anhänger müssen bis zum 25.11.2012 fertig für den Crashtest ausgerüstet bereit stehen.

1. Leistungsumfänge

Beschaffung von zwei Fahrzeugen für einen Crashtest. Ein Fahrzeug soll dabei ein Volkswagen Golf III sein.

Beschaffung eines Anhängers mit einem Gewicht von mindestens 800kg.

Vorbereitung der Fahrzeuge und des Anhängers:

- Anbau einer Anhängerzugvorrichtung beim VW Golf III
- Entfernen aller Flüssigkeiten aus den Fahrzeugen
- Entfernen der Seitenscheiben beider Fahrzeuge
- Lackieren der Fahrzeuge mit matter Farbe
- Umbau der Fahrzeugbatterie in den Innenraum
- Einbau von einem UDS System in jedes Fahrzeug und Anhänger
- Anhänger mit Gewichten bestücken das 800 kg erreicht werden

Transport der beiden Fahrzeuge und des Anhängers zum Testgelände zum 04.12.2012.
Inbetriebnahme der Fahrzeuge am Testgelände.

2. Bereitstellung

Der Auftraggeber stellt die UDS Systeme und nötigen Anschluss Kabel die bei dem Crashtest verwendet werden sollen zur Verfügung.

3. Termin

Mit den Arbeiten kann eine Woche nach Auftragsvergabe begonnen werden. Die Fertigstellung der Fahrzeuge ist zum 25.11.2012 abgeschlossen. Die Fahrzeuge werden am 04.12.2012 um Testgelände transportiert.

4. Kosten

Kosten für Beschaffung der Fahrzeuge:

5 Std. Suche Fahrzeuge á 30 €/h	150 €
Volkswagen Golf III	1000 €
Fahrzeug 2	1000 €
Anhänger	800 €
Transport der Fahrzeug zur Werkstatt	700 €
Zwischensumme	3650 €

Kosten Vorbereitung der Fahrzeuge und des Anhängers:

Inspektion der Fahrzeuge	300 €
Flüssigkeiten Entsorgen	150 €
Ausbau Scheiben	200 €
Lackieren	2500 €
Einbau UDS	500 €
Umbau Batterien	400 €
Anhänger mit Gewicht bestücken	300 €
Materialkosten	400 €
5 Std. Vorbereitung durch Versuchs-Ingenieur á 80 €/h	400 €
Zwischensumme	5150 €

Kosten Transport zum Testgelände

Transport	700 €
Reisekosten	200 €
3 Std Vorbereitung am Testgelände á 80 €/h	240 €
Zwischensumme	1140 €

Die Kosten Gesamtumfang 9940 €

zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer 19% 1850,60 €

Angebotssumme: 11.590,60 €

5. Zahlungsweise

50% bei Auftragsvergabe
50% nach Durchführung des Crashtests

6. Gültigkeit

Das Angebot gilt bis zum 04.11.2012. Bei einer Beauftragung nach diesem Zeitpunkt können Änderungen hinsichtlich des Leistungsumfangs, der Termine und der Kosten ergeben.

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns über eine Auftragsvergabe freuen. Für Rückfragen stehen wir ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Jan Leddin

Steven Leszinski:

Ingenieurbüro für Fahrzeugsicherheit Leszinski
23.10.2012
Eigt: Steven Leszinski
Crivitzer Str 30
13059 Berlin

Datum

Angebot

Zur Analyse von Grundsätzen der Fahrzeugversuchs- und Crashtechnik bei Crashtestversuchen

Leistungsumfang:

Das Angebot beinhaltet eine genaue Recherche der heutigen Fahrzeugversuchs- und Crashtechniken, wie sie bei aktuellen Crashtests (z.B. NCAP) zum Einsatz kommen. Außerdem beinhaltet der Bericht ein Kapitel zur Entstehung und Entwicklung von Fahrzeug-Crashversuchen. Auch die bisherigen Crashtests der HTW-Berlin im Bereich der passiven Sicherheit von Anhängern werden beschrieben.

Bereitstellung:

Für einen möglichst treffenden Bericht werden die genauen Anforderungen an den Bericht benötigt

Termin:

Der Bericht wird in der Kalenderwoche 12 des Jahres 2013 beim Auftraggeber in elektronischer Form abgeliefert.

Kosten:

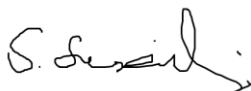
Zur Erstellung des Berichtes werden voraussichtlich 25 Arbeitsstunden benötigt. Der Stundensatz beträgt 75 Euro. Daraus ergibt sich ein Gesamtpreis von **1875 Euro**.

Gewährleistung:

Für die in dem Bericht enthaltenen Informationen und Daten übernimmt das Ingenieurbüro Leszinski die Haftung.

Verwendungsrecht:

Der Auftraggeber erhält das Recht den für ihn verfassten Bericht für 5 Jahre öffentlich zu nutzen, sofern das Ingenieurbüro Leszinski namentlich erwähnt wird. .



Steven Leszinski

Rick Riesner:

Fa. Riesner Documentation GmbH
Abt. Protokollführung
Herr Riesner
Kurfürstendamm 104
11035 Berlin

Ihre Telefonische Anfrage vom 10.06.2012

Sehr geehrter Herr Prof. Rodewald,

vielen Dank für Ihre telefonische Anfrage vom 10. Juni 2012. Gern mache ich Ihnen folgendes Angebot für die Dokumentation und Protokollführung eines Crash-Versuchs.

Der Versuch soll am 07.12.2012 stattfinden mit einer Vorbereitungszeit von zwei Monaten. Hierfür sollen dokumentarisch alle Vorbereitungsschritte sowie Termine erfasst und zusammengeführt werden. Mit dem Ziel allen Teilnehmer des Projekts "Crashversuch" eine Terminübersicht sowie eine To-Do-Liste zu gewährleisten. Weiterhin soll eine Kostenübersicht erstellt werden und eine Projektauswertung folgen.

1. Leistungsumfänge

Folgende Daten sollen erfasst und dokumentiert werden.

- Protokoll des wöchentlichen Meetings
- Teilnehmer- und Kontaktübersicht
- Kosten- und Anschaffungslisten
- Projektauswertung

2. Bereitstellung

Der Auftragsgeber muss für die projektbegleitende Arbeit keine Materialien zur Verfügung stellen.

3. Termine

Der Beginn der Arbeit ist 2 Monate vor Crashversuchsdurchführung. Abschluss der Arbeiten geschieht mit der vollendeten Auswertung des Versuchs.

4. Kosten

Wöchentliches Meeting:

12 Stunden Ingenieur à 71,20 €/h:	854,40 €
12 Stunden studentischer Mitarbeiter à 18,50 €/h:	222,00 €
Anfahrtskosten, geschätzt auf:	350,00 €

Dokumentation und Projektauswertung:

60 Stunden Ingenieur à 71,20 €/h:	4272,00 €
20 Stunden studentischer Mitarbeiter à 18,50 €/h:	370,00 €

zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer in Höhe von z. Zt. 19% 1152,96€

Angebotssumme: 7221,16 €

Die geplanten Anfahrtskosten sind in der Angebotssumme enthalten.

5. Zahlungsweise

- 40% bei Projektstart
- 60% bei Erhalt der Gesamtauswertung

6. Gültigkeit

Das Angebot gilt bis zum 31.08.2012.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung. Ich würde mich freuen Ihren geschätzten Auftrag zu erhalten.

Mit freundlichen Grüßen

Rick Riesner

Ronny Trispel



Inh. Ronny Trispel (B.Eng.)
Auf den Müggelbergen 77
12899 Berlin
Tel.: 030 4711 0815
www.R&TFahrzeugtechnik.de
Steuernr.: 18/10/75998

**Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Labor für Fahrzeugtechnik Prof. Dipl.-Ing. H.-L. Rodewald Wil-
helminenhofstraße 75A
12459 Berlin**

Berlin, den 20.10.2012

Angebot Nr.: 181012/7933

Beschaffung der Crashfahrzeuge und Vorbereitung der Fahrzeuge an der HTW Berlin und der TU Berlin

Sehr geehrter Prof. Rodewald,

die Firma R&T Fahrzeugtechnik ist ein innovatives und dynamisches Unternehmen das sich speziell auf dem Gebiet der Fahrzeugsicherheit und der Unfallrekonstruktion etabliert hat. Zurückblickend auf eine langjährige Erfahrung bei der Organisation, Durchführung und Auswertung der vielfältigsten Crashversuche stehen wir Ihnen als kompetenter Ansprechpartner jederzeit zur Verfügung.

Bezug nehmend auf ihre Anfrage vom 18.10.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Beschaffung der Crashfahrzeuge und Vorbereitung der Fahrzeuge an der HTW Berlin und der TU Berlin

Für Ihre gewählte Variante des Crashversuchs werden zwei Pkw und ein Anhänger benötigt. Die Fahrzeuge und der Anhänger müssen bis zum 28.11.2012 fertig für den Crashtest ausgerüstet bereit stehen.

1. Leistungsumfänge

Beschaffung von zwei Fahrzeugen für die gewählte Crashsituation. Eines der beiden Fahrzeuge soll ein 4-türiger VW Golf III sein, welcher zusammen mit dem Anhänger den BE-Zug bildet. Das zweite Fahrzeug wird, unter Berücksichtigung der technischen Bedingungen der Crashbahn, beliebig gewählt.

Vorbereitung der Fahrzeuge und des Anhängers:

- Anbau einer starren Anhängerzugvorrichtung (ohne E-Satz) an den Golf III,
- Entfernen sämtlicher Betriebsmittel aus den Pkw,
- Entfernen der Seiten- und Heckscheiben beider Pkw,
- Anschleifen und Lackieren der Fahrzeuge mit entsprechender Farbe,
- Umbau der Fahrzeugelektrik zum Einbau der UDS-Systeme in die Fahrzeuge (beide Pkw und Anhänger),
- Anhängerkupplungskopf vom Trailer ersetzen,
- Anbringen der Schutzplatte an die Anhängerdeichsel,
- Anhänger mit Gewichten beladen,
- Organisation der Transporte der Fahrzeuge, umfasst Hin- und Rücktransport (HTW-Berlin zur TU Berlin und zurück)

2. Bereitstellungen

Der Auftraggeber stellt den Anhänger und die UDS Systeme mit den dazu gehörigen Anschlusskabeln zur Verfügung.

3. Termine

Mit der Beschaffung und den sich anschließenden Vorbereitungen kann zwei Wochen nach der Auftragsvergabe begonnen werden. Die Fertigstellung der Fahrzeuge ist spätestens zum 28.11.2012 abgeschlossen. Alle für den Versuch relevanten Fahrzeuge werden am 03. und 04.12.2012 zur Crashbahn der TU Berlin transportiert. Das Vorbereiten der Fahrzeuge erfolgt am 05. und 06.12.2012 auf der Crashbahn der TU Berlin. Der Rücktransport zur HTW Berlin erfolgt am 11.12.2012.

4. Kostenaufstellung

Kosten für Beschaffung und Transport der Fahrzeuge:

Fahrzeugrecherche 2 h studentischer Mitarbeiter á 27,80 €/h	55,60 €
Volkswagen Golf III	1.000,00 €
Fahrzeug 2	1.000,00 €
Transport der Fahrzeuge zur Werkstatt	450,00 €
Zwischensumme	2.505,60 €

Kosten Vorbereitung der Fahrzeuge und des Anhängers:

Fahrzeuginspektion beide Pkw	300,00 €
Entsorgung Flüssigkeiten	150,00 €
Anbau Anhängerzugvorrichtung Mechaniker 1,5 h á 61,99 €/h	92,98 €
Ausbau Scheiben	200,00 €
Anschleifen und Lackieren beide Pkw	2.500,00 €
Einbau UDS beide Pkw u. Anhänger	500,00 €
Beladen des Anhängers / Anbau Schutzplatte	375,00 €
Materialkosten	259,00 €
Vorbereitung durch Versuchs-Ingenieur 3,5 h á 76,33 €/h	267,16 €
Zwischensumme	4.644,14 €

Kosten Transporte:

Transport (Hin-und Rücktransport) á 150,00 €/Fzg.	900,00 €
Reisekosten	200,00 €
Vorbereitung an der Crashbahn 3 h á 76,33 €/h	228,99 €
Zwischensumme	1.328,99 €
Summe Gesamtkosten netto	8.478,73 €
zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer z.Zt. 19%	1.610,96 €

Angebotssumme: 10.089,69 €

5. Zahlungshinweise

Bei Auftragsvergabe werden 20% der Angebotssumme angezahlt. Die verbleibenden 80% werden im vollen Umfang bis spätestens vier Wochen nach Rechnungsstellung fällig.

6. Gültigkeit

Das Angebot ist bis zum 17.02.2013 gültig. Bei späterer Auftragsvergabe Änderungen der Vertragsbedingungen möglich.

7. Sonstiges

Der Auftraggeber hat, nach Absprache mit dem Unternehmen, die Möglichkeit sich über den Fortschritt der Arbeiten vor Ort zu informieren.

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns über die Beauftragung sehr freuen. Für offene Fragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Ronny Trispel (B.-Eng.)

Inhaber R&T Fahrzeugtechnik

Skender Jens Volquardsen, Tim Weidke:

KFZ-Vermessung HTW

Bahnhofstraße 24
12305 Berlin
Tel: ++49(0)30 160894834
Email: s0541250@htw-Berlin.de
s0541814@htw-Berlin.de
Berlin, den 15.09.12

Weidke und Volquardsen*Bahnhofstraße 30*D-12305 Berlin

Vermessungsangebot

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Prof. Dipl.-Ing. Hanns-Lüdecke Rodewald
Leiter der Zentralwerkstatt Wilhelminenhofstraße 75 A
12459 Berlin
Tel.: ++49(0)30 50194225
Fax: ++49(0)30 50192125

Angebot Nr. FV R 32/12 Gesamtauswertung des Anhänger-crashversuchs

Sehr geehrter Herr Rodewald,

die Firma KFZ-Vermessung HTW ist ein anerkanntes Unternehmen, das durch seine erstklassig ausgebildeten Fachkräfte für Vermessungsarbeiten in der Automobilindustrie, der ideale Partner ist. Unsere Vermessungen erfolgen nach internen Qualitätsstandards, die hinsichtlich Präzision und Leistung, dem Anspruch unserer Kunden gerecht wird.

Bezugnehmend auf Ihre Anfrage vom 10.09.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Vermessung der Crashfahrzeuge vor und nach Aufprall am 07.12.2012

Alle, für eine Berechnung der wirkenden Kräfte, notwendigen Maße werden von der Firma KFZ-Vermessung HTW aufgenommen. Nach Absprache sollen dafür ein Ingenieur, sowie zwei studentische Hilfskräfte zur Verfügung stehen.

1. Leistungsumfänge

Vermessung des Zugfahrzeugs, Anhängers, sowie des auffahrenden Fahrzeugs mithilfe des Faro-Messarms vor und nach dem Crash. Des Weiteren Bearbeitung der Messergebnisse unter Zuhilfenahme des Programms Cam2measure. Nachfolgend umwandlung der Messergebnisse in Catia-kompatible Datei. Unter Zuhilfenahme des CAD-Programms Catia V5 Bearbeitung der entstandenen Punktwolke hin zu einem 3D-Modell. Anschließend berechnung der Volumendifferenzen der Fahrzeuge vor und nach dem Crash.

2. Bereitstellungen

Der Auftraggeber stellt alle am Crashversuch beteiligten Fahrzeuge Termingerecht zur Verfügung. Die Fahrzeugabholung übernimmt die Firma KFZ-Vermessung HTW.

3. Termine

Der Beginn der Dienstleistungen erfolgt, mit einer voraussichtlichen Bearbeitungszeit von maximal zwei Wochen, spätestens zum 22.11.2012. Dieser Termin ist aufgrund der Crashdurchführung am 07.12.2012 nicht zu überschreiten und gilt als letztmöglicher Termin. Nach der Versuchsdurchführung können die Vermessungen zu einem gewünschten Zeitpunkt stattfinden. Die Dauer für die reine Vermessung dauert ebenfalls zwei Wochen. Für die Ausarbeitung der, durch den Crash aufgetretenen, Volumendifferenzen wird eine Bearbeitungszeit von 3 Wochen angesetzt.

4. Kosten

Gemäß Ihren Angaben sollen Vermessungen der Crashfahrzeuge durchgeführt, sowie Volumenänderungen durch den Crash ermittelt werden.

Laufende Dokumentation, Gesamtauswertung:

50 Stunden studentischer Mitarbeiter á 20,00 €/h:	1.000,00	€
40 Stunden Ba.Eng á 55,80 €/h	2.232,00	€
Abholung der Fahrzeuge	260,00	€

Gesamtkosten (netto): **3.492,00 €**

zuzüglich der gesetzten Mehrwertsteuer in Höhe von z.Zt. 19%: 663,48 €

Angebotssumme: **4.155,48 €**

5. Zahlungsweise:

40 % bei Auftragsvergabe
60 % bei Abgabe des Berichts

6. Gültigkeit:

Das Angebot gilt bis zum 15.11.2012. Bei einer Beauftragung nach diesem Zeitpunkt können sich Änderungen hinsichtlich der Termine und der Kosten ergeben.

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns über eine Auftragsvergabe freuen. Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Tim Weidke und Skender Volquardsen

Tim Wulfers:

Tim Wulfers KFZ-Sachverständigenbüro

Eisnerstraße 24
12305 Berlin
Tel: ++49(0)30 13721991
Email: s0541064@htw-Berlin.de
Berlin, den 20.09.12

Wulfers*Eisnerstraße 24*D-12305 Berlin

Dokumentationsangebot

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Prof. Dipl.-Ing. Hanns-Lüdecke Rodewald
Leiter der Zentralwerkstatt Wilhelminenhofstraße 75 A
12459 Berlin
Tel.: ++49(0)30 50194225
Fax: ++49(0)30 50192125

Angebot Nr. FT R 10/12

Gesamtauswertung des Anhänger-crashversuchs 2012-12-07

Sehr geehrter Herr Rodewald,

die Firma Tim Wulfers ist ein anerkanntes Dienstleistungsunternehmen mit speziell ausgebildeten Fachkräften für Versuchsbetreuung in der Automobilindustrie. Unsere Berichterstattung erfolgt nach internen Qualitätsstandards, die den wissenschaftlichen Anspruch unserer Kunden garantieren.

Bezugnehmend auf Ihre Anfrage vom 16.09.2012 unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Gesamtauswertung des Anhänger-crashversuchs vom 07.12.2012

Der durch die Hochschulen HTW Berlin und TU Berlin in Auftrag gegebene Anhänger-crashversuch wird am 07.12.2012 um 9:00 Uhr in den Hallen der TU Berlin durchgeführt. Die Fa. Tim Wulfers übernimmt dafür die laufende Dokumentation und die Gesamtauswertung in Form eines technischen Berichts nach internen Qualitätsstandards. Die Berichterstattung erfolgt in Kooperation mit den beteiligten studentischen Mitarbeitern.

1. Leistungsumfänge

Dokumentation aller durchgeführten Umfänge, die mit dem Crashversuch in Zusammenhang stehen. Fortwährende Unterstützung bei der Organisation der nötigen Vorbereitungen für den Versuch. Sammlung der Teilberichte von involvierten Teilnehmern. Durchführung der Gesamtauswertung des Anhänger-crashversuchs mithilfe der Teilnehmerberichte. Erstellung eines Abschlussberichts in schriftlicher und digitaler Form. Das Layout des Berichts wird mit dem Auftraggeber abgestimmt.

2. Bereitstellungen

Der Auftraggeber stellt den Kontakt zu allen involvierten Teilnehmern vom Anhänger-crashversuch her.

3. Termine

Der Beginn der Dienstleistungen erfolgt mit dem Projektstart am 10.10.2012. Während des Projekts wird ein studentischer Mitarbeiter der Fa. Tim Wulfers den wöchentlichen Projektsitzungen beiwohnen. Nachdem der Versuch durchgeführt und die Berichte aller Teilnehmer eingesammelt wurden, erfolgt die Gesamtauswertung mit Berichterstellung innerhalb von 2 Wochen. Terminänderungen bleiben vorbehalten.

4. Kosten

Gemäß Ihren Angaben sollen die laufende Dokumentation sowie eine Gesamtauswertung des Anhänger-crashversuchs mit Abschlussbericht übernommen werden.

Laufende Dokumentation, Gesamtauswertung:

30 Stunden studentischer Mitarbeiter á 20,00 €/h:	600,00 €
10 Stunden Ba.Eng á 53,20 €/h	532,00 €
Druck	110,00 €

Dokumentationskosten (netto): **1242,00 €**

zuzüglich der gesetzten Mehrwertsteuer in Höhe von z.Zt. 19%: 235,89 €

Angebotssumme: **1477,89 €**

5. Zahlungsweise:

40 % bei Auftragsvergabe
60 % bei Abgabe des Berichts

6. Gültigkeit:

Das Angebot gilt bis zum 15.11.2012. Bei einer Beauftragung nach diesem Zeitpunkt können sich Änderungen hinsichtlich der Termine und der Kosten ergeben.

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns über eine Auftragsvergabe freuen. Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Ba.Eng T. Wulfers