



# **Anwendungsorientierte Weiterentwicklung eines Biofidel-Dummys als Surrogat für vulnerable Verkehrsteilnehmer bei Crashversuchen**

**Development of a biofidelic Dummy as a surrogate for vulnerable road users  
in full scale crash tests**

Prof. Dr.-Ing. Lars Hannawald – HTW Dresden

Dr. med. Sven Hartwig – Charité Berlin

Dipl.-Ing. Peter Schimmelpfennig – Crashtest-Service.com Münster

Dr. Dipl.-Ing. Michael Weyde – Priester & Weyde Berlin

**12.04.2019**

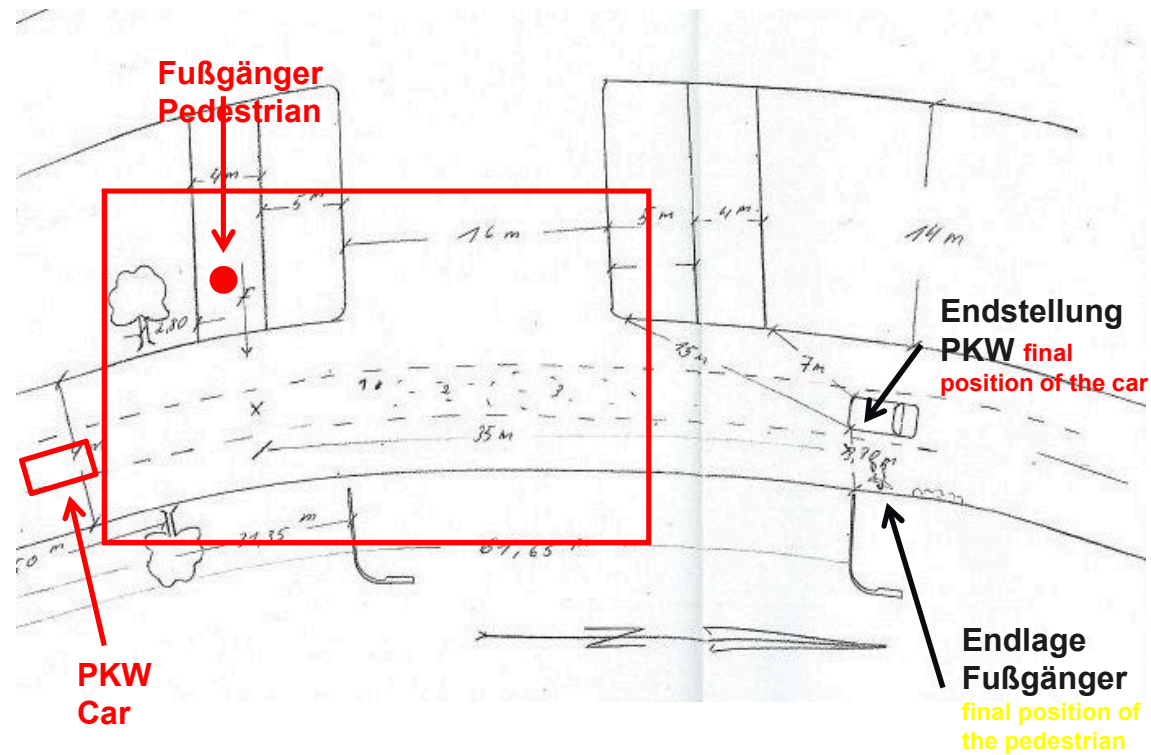
## General remarks on reconstruction of pedestrian accidents Allgemeines zur Rekonstruktion von Fußgängerunfällen

---

- **Häufig keine Spuren auf der Fahrbahn vorhanden oder nicht erkannt**  
often traces on the road are missing or not recognized
- **Rekonstruktionsparameter resultieren überwiegend aus Versuchen mit Pkw von 1965 bis 1995 (Kühnel, Rau, Karnahl, Schultz, Otte u. a.)** reconstruction parameters mainly result from test vehicles built 1965 – 1995
- **Damalige Fahrzeuge sind nicht mit heutigen vergleichbar, z. B. sind damalige Abwicklungslängen heute kein geeignetes Vergleichsmaß** former vehicles are not comparable to today's; earlier unfolded length between road surface and head impact point is no suitable comparison measure more
- **Vergleich mit Dummy-Versuchen schwierig, weil Beschädigungsschwere am Fahrzeug auch vom Dummy abhängt** comparison with Dummy experiments is difficult because severity of damage of the vehicle also depends on the type of Dummy

# Beispiel: Pkw-Fußgänger-Unfall

## Die Unfallskizze (Sketch of accident scene)



Verkehrsunfallskizze der Polizei (sketch made by police)

# Beispiel: Pkw-Fußgänger-Unfall

Example of a Car vs. Pedestrian Accident

---

**Folgende Daten sind meist vorhanden:**

Following information is usually given:

**Polizeibericht und Verkehrsunfallskizze**

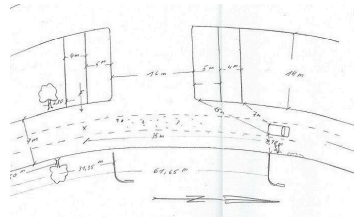
Police report and/or sketch of the accident scene

**Fotos der Örtlichkeit**

Photos of the accident scene

**Schadenbilder des Fahrzeugs**

Pictures of the damaged vehicle



# Fotos von der Unfallörtlichkeit

---



**Fotos der Örtlichkeit**

**Photos of the accident scene**

**Kein Scherz: Mehr Fotos gab es nicht!**

**No Joke: Only these two pictures existed**

## Connecting factors for the analysis of pedestrian accidents Anknüpfungspunkte für die Analyse von Fußgängerunfällen

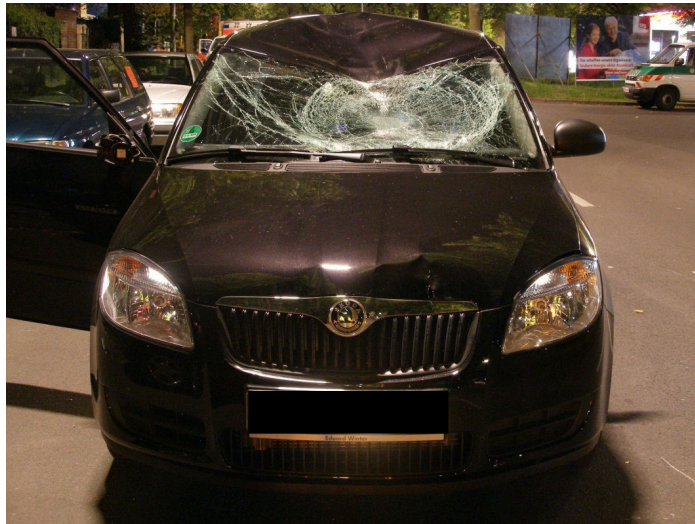
---

- **point of collision** ← **often not to be determined precisely** (Oft nicht vermessen oder nicht eindeutig feststellbar)  
Kollisionsstelle
  - **final position of the vehicle** ← **accurately measured?** Ordentlich eingemessen?  
Endstellung des Fahrzeuges
  - **post crash movement of the vehicle** ← **not exactly to be reconstructed?**  
Auslaufstrecke des Fahrzeuges  
**Nicht eindeutig rekonstruierbar**
  - **final position of pedestrian** ← **already in the ambulance?**  
(Fußgänger-Endlage) **Bereits im Krankenwagen?**
  - **throwing distance** (Wurfweite) ← **Often not exactly to be reconstructed**
  - **pictures of the damage** (Schadenfotos ) ← **Oft nicht exakt rekonstruierbar**
  - **damages and marks on clothes**  
(Beschädigungen & Kontaktsuren an Kleidung)
  - **injuries of the pedestrian** ← **not to be found / already disposed?**  
Verletzungen des Fußgängers  
**Oft nicht mehr aufzufinden**
- medical specialty** (Fachgebiet: Medizin)

## Beispiel: Pkw-Fußgänger-Unfall

### Schadenbilder des Fahrzeuges

---



**Wie schnell war  
das Fahrzeug?**  
**What was the speed  
of this vehicle?**

# Wie schnell war der Skoda ?

## How fast was the Skoda?

---

### Schätzergebnisse (estimated results)

#### – Sachverständige (experts)

Min: 50 km/h

Max. : 70 km/h Mittelwert = 60 km/h

Average

#### – Laien (Laity)

Min: 30 km/h

Max. : 100 km/h Mittelwert = 65 km/h

Average



**Adapted Dummy for real case simulation (female, 54 kg, 168 cm)**  
**Spezialanfertigung: weiblicher Dummy, 54 kg, 168 cm**

---

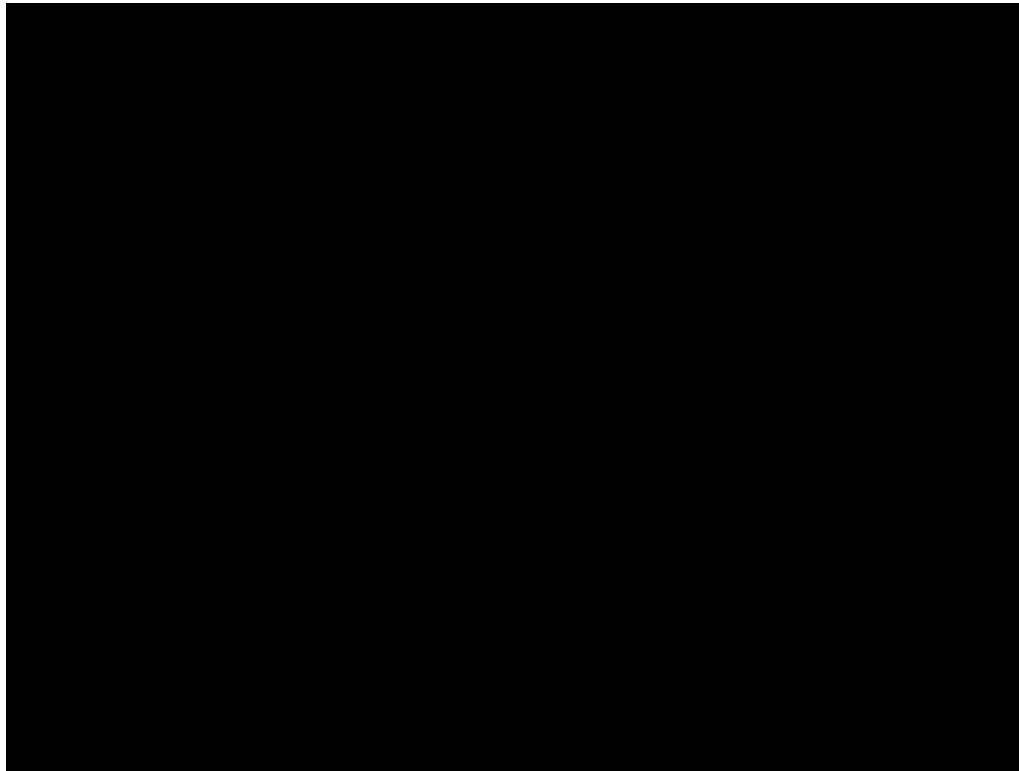


- separation securing for the legs and arms using steel ropes and band**  
Verstärkung der Extremitätenanbindungen durch Abreißsicherungen
- adapted masses of the head, torso and extremities**  
angepasste Massen von Kopf, Torso, Extremitäten
- shortened spine and extremities**  
gekürzte Wirbelsäule und Extremitäten
- smaller pelvis and shoulder**  
schmaleres Becken und schmalere Schulter
- padded buttocks for dummy positioning on a bike**  
geändertes Gesäß für Fahrrad
- pre-curved fingers**  
(vorgekrümmte Finger)

**Special Dummy (female, 54 kg, 168 cm)**

**Spezialanfertigung: weiblicher Dummy, 54 kg, 168 cm**

---



**Crash Test: BMW E 46 ??? km/h vs. BD-Dummy (source: CTS)**

---

**Special Dummy (female, 54 kg, 168 cm)**

**Spezialanfertigung: weiblicher Dummy, 54 kg, 168 cm**

---



**Crash Test: BMW E 46 100 km/h vs. BD-Dummy (source: CTS)**

---

Warum brauchen Unfallanalytiker Crash-Tests?  
**Why do accident reconstructionist  
need crash tests?**

- **Vergleich von Schaden-Bildern zur Eingrenzung der Deformationsenergie**  
comparison of damage-pictures in order to determine deformation energy



Wie schnell war der VW Golf? **Estimate the speed of the Volkswagen?**



## Interim Conclusions

# Zwischen-Fazit

---

**Findings from tests with the BD-Dummy and real case studies:**  
**Erkenntnisse aus bisherigen Versuche und realen Unfällen:**

**Not only collision speed but also dummy-size, -mass and mass-distribution as well as the geometric shape of the car have a significant effect on the damage of the car and the dummy - therefore also on dummy-movement.**

**Nicht nur die Kollisionsgeschwindigkeit und die Geometrie des Fahrzeuges, sondern auch Größe, Masse und Massenverteilung des Dummys haben einen erheblichen Einfluss auf das Schadenbild bzw. den Schadenumfang an Fahrzeug und Dummy, sowie die Dummy-Bewegung.**

## Connecting factors for the analysis of pedestrian accidents Anknüpfungspunkte für die Analyse von Fußgängerunfällen

---

Meist existieren zumindest Schadenfotos


Usually photos of the damaged car exist

**Schlussfolgerung / Conclusion:**

Sachverständige benötigen eine größere Anzahl an Vergleichsversuchen, um eine sichere Einstufung der Kollisionsgeschwindigkeit vorzunehmen.

Experts need a various number of comparable Crash-Tests in order to make a sufficient estimation of the likely collision speed:

 **Conduct Crash-Tests!**

 Das macht aber nur Sinn, wenn der Dummy sich realistisch bewegt und auch vergleichbare Schäden am Fahrzeug erzeugt. Last not least: **Dummy-Schäden sollte mit Verletzungen korrelieren!**

This only makes sense, if there is a Dummy, which moves similar to a human body and especially produces damages, that are equivalent to those produced by real humans!

Last not least the damage of the dummy should represent the injuries of the pedestrian!

# Industrial Dummies as a substitute for occupants

Hybrid III

- **designed as an occupant**  
als Fahrzeuginsassen konzipiert
- **extensive measurement**  
umfangreiche Messtechnik
- **rigid structures**  
feste Strukturen des Dummy-Innenlebens
- **high purchase price**  
hoher Anschaffungspreis



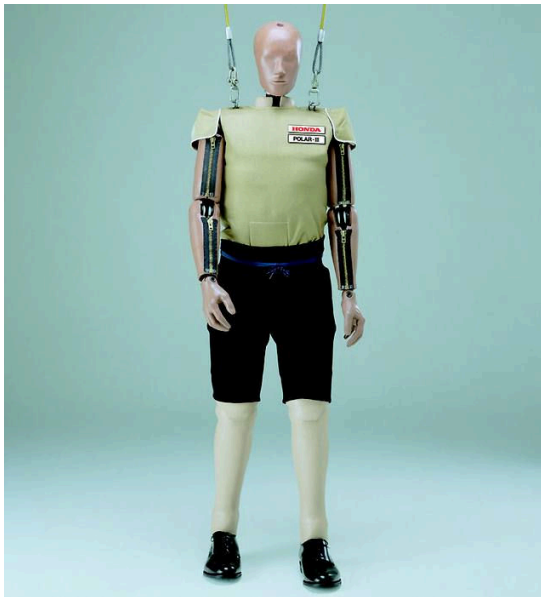
source: <http://club.quizkerala.com>

→ **unsuitable as a substitute**  
**in car vs. pedestrian crash tests**  
ungeeignet für PKW/Fußgänger-Versuche

## Pedestrian Substitute Dummy – Polar III

### Industrieller Dummy für Fußgängerversuche - Polar III

---



source: <http://world.honda.com>

- **is able to move human like**  
soll sich menschengleich bewegen können
- **is able to produce realistic damage**  
soll realistische Schadenbilder erzeugen
- **But too expensive for destructive tests**  
Aber zu teuer für zerstörende Crashversuche  
im forensischen Bereich der Unfallanalyse



# Forensic Dummies - University of Žilina

## Dummys für die Forensik

---

### Žilina-Dummy



- **rigid steel frame** (starres Stahlskelett)
- **too elastic plastic casing** (zu elastische Kunststoffverkleidung)
- **low purchase price** (niedriger Anschaffungspreis)

# Forensic Dummies - University of Žilina

## Dummys für die Forensik

---

Crash Test: passenger car vs. Žilina-Dummy ca. 50 km/h



## Forensic Dummies - University of Žilina

### Dummies für die Forensik

---

#### Damage after pedestrian impact (Schadenbild nach Crashversuch)



sharp dent on the hood  
(scharfkantige Dellen  
auf der Motorhaube)

deformation of the rigid  
front structure  
(Deformation der steifen  
Frontstruktur)

→ unrealistic damage pattern

**unrealistisches Schadenbild**

## Zwischen-Fazit

### Interim Conclusions

---

#### Erkenntnisse aus bisherigen Versuche und realen Unfällen:

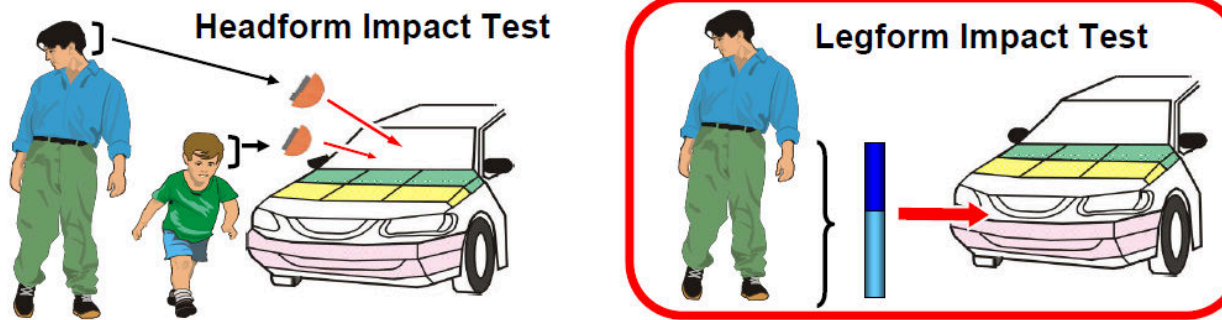
Findings from tests with the BD-Dummy and real case studies:

**Nicht nur die Kollisionsgeschwindigkeit und die Geometrie des Fahrzeuges, sondern auch Größe, Masse, Massenverteilung und Steifigkeit des Dummys haben erheblichen Einfluss auf den Schadenumfang an Fahrzeug und Dummy, sowie die Dummy-Bewegung. Komponententest dürften daher wahrscheinlich weniger sinnvoll bzw. aussagekräftig sein**

Not only collision speed but also dummy-size, -mass and mass-distribution as well as the geometric shape of the car have a significant effect on the damage of the car and the dummy - therefore also on dummy-movement.

## Component-Tests to determine probability of a pedestrian's injuries Komponenten-Test als Maß für Verletzungswahrscheinlichkeit bei Fußgängern

---



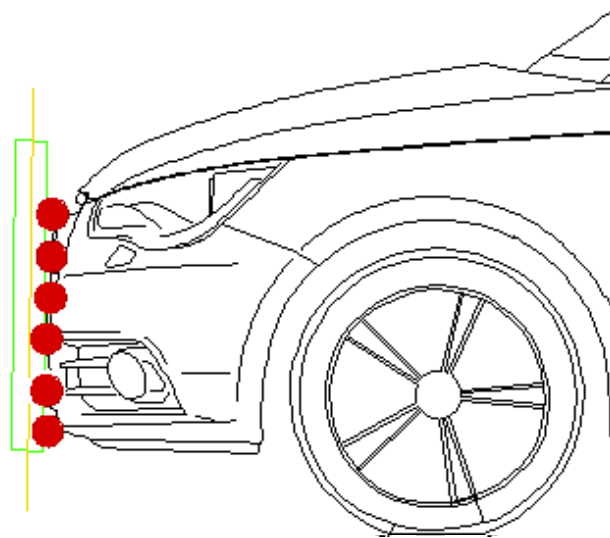
Komponententests (Kopf- / Bein- / Hüft- Impaktoren)  
zur Feststellung der Verletzungswahrscheinlichkeit an  
vermuteten Hauptanprallstellen am Fahrzeug

Component tests (head & leg impactor) to determine probability of injury to  
suspected major impact points on cars

Quelle: Atsuhiko Konosu, Japan Automobile Research Institute, Japan, 2008

## Impactor-Tests lead to specific car front Impaktor-Tests führen zu spezifischer Frontgeometrie

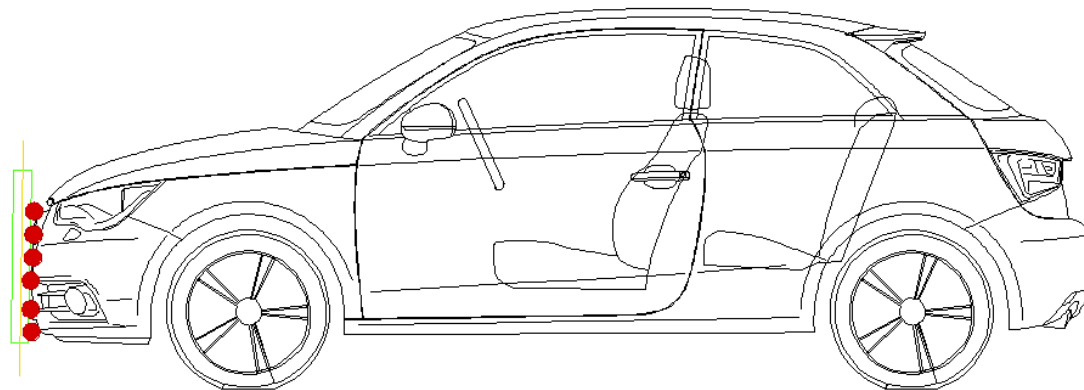
---



Prinzipdarstellung der Kinematik eines Bein-Impaktors beim Anprall an die Fahrzeugfront  
Illustration of the leg-impactor-test against the vehicle front

## Impactor-Tests lead to specific car front Impaktor-Tests führen zu spezifischer Frontgeometrie

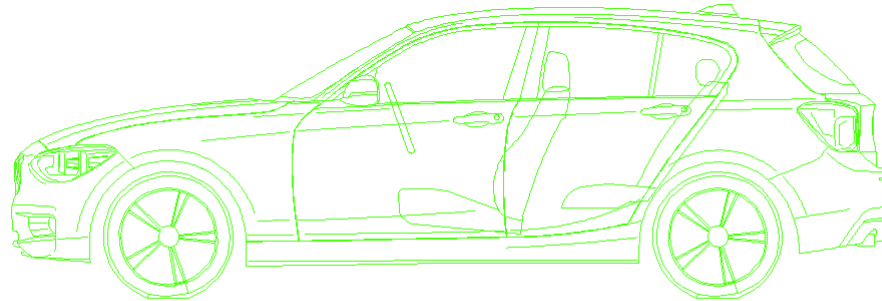
---



Prinzipdarstellung der Anstoßkonfiguration eines Bein-  
Impaktors gegen die Fahrzeugfront am Beispiel eines Audi A1  
Illustration of the leg-impactor-test against the vehicle front

## Impactor-Tests lead to specific car front Impaktor-Tests führen zu spezifischer Frontgeometrie

---



BMW 1 4.32 1.77 2.69 1.52 0.77 1290

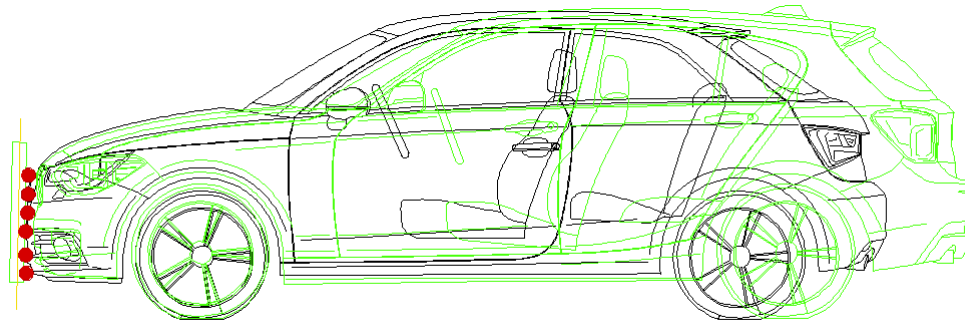
Die geometrische Form der Front heutiger Fahrzeuge unterscheidet sich kaum (hier BMW 1er)

Geometric shape of the front of today's vehicles differs little



## Impactor-Tests lead to specific car front Impaktor-Tests führen zu spezifischer Frontgeometrie

---

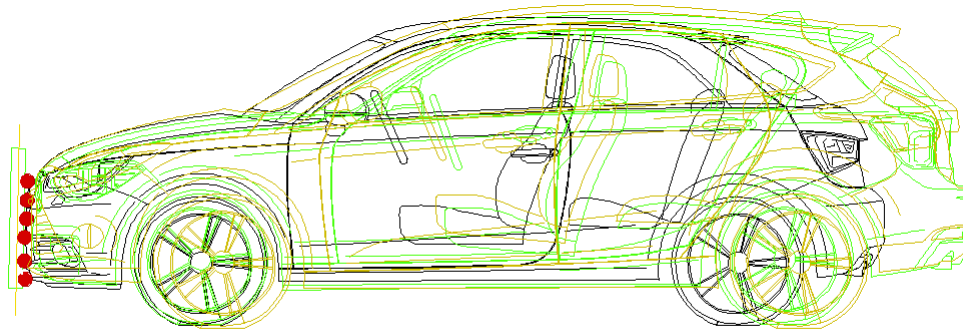


Die Frontgeometrie der Fahrzeuge unterscheidet sich kaum (hier Vergleich Audi A1 und BMW 1er)

Geometric shape of the front of today's vehicles differs little

## Impactor-Tests lead to specific car front Impaktor-Tests führen zu spezifischer Frontgeometrie

---



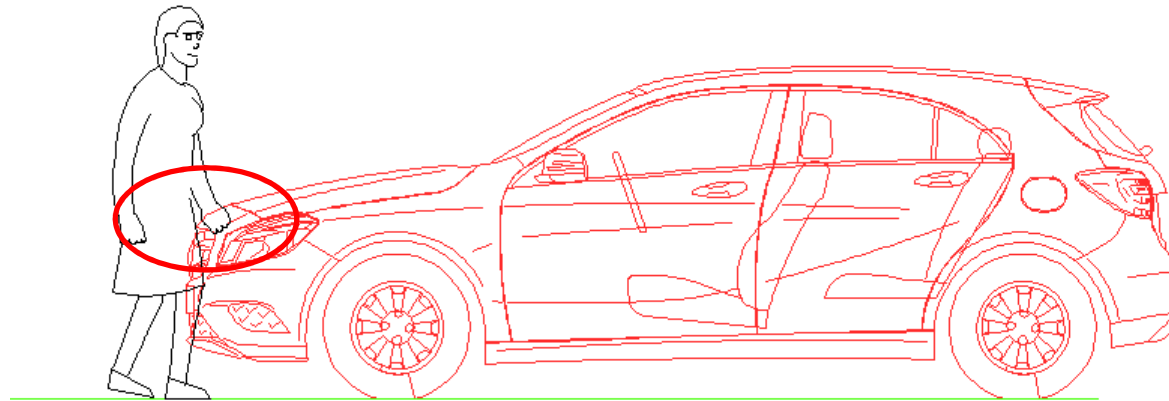
Die Frontgeometrie der Fahrzeuge unterscheidet sich kaum (hier Vergleich Audi A1, BMW 1er & Ford Focus)

Geometric shape of the front of today's vehicles differs little

## Today's Front Design may not necessarily be useful

Heutige Frontgeometrien sind nicht zwingend sinnvoll beim Fußgänger-Anprall

---



Frau 1.67

MERCEDES A 4.29 1.78 2.70 1.55 0.91 1358

Die gerade Frontgeometrie führt eher zu einer Belastungsspitze am Femur bzw. Beckenknochen

Geometric shape tends to result in a peak load on femur or pelvis

## **A suitable substitute for human body in Crash-Tests was missing** **Geeigneter Ersatzkörper für vulnerable Verkehrsteilnehmer fehlt für Tests**

---

- **There was no Dummy before the Biofidelic Dummy, which :**  
Es gab vor dem Biofidel-Dummy noch keinen Ersatzkörper, der:
  - **moves like a pedestrian after impact**  
sich anstoßbedingt wie ein Fußgänger bewegen konnte
  - **produces realistic damage**  
realistische Schadenbilder am Fahrzeug erzeugen konnte **&**
  - **damage on the Dummy, which is comparable to realistic injuries**  
**Schäden am Dummy erzeugt, die mit den zu erwartenden Verletzungen eines Menschen vergleichbar sind**
  - **is cheap enough to carry out a lot of tests on forensic purpose**  
günstig genug ist, um eine Große Anzahl an Vergleichsversuchen durchführen zu können

## Aims of development of a biofidelic Dummy Entwicklungsziele beim BD-Dummy

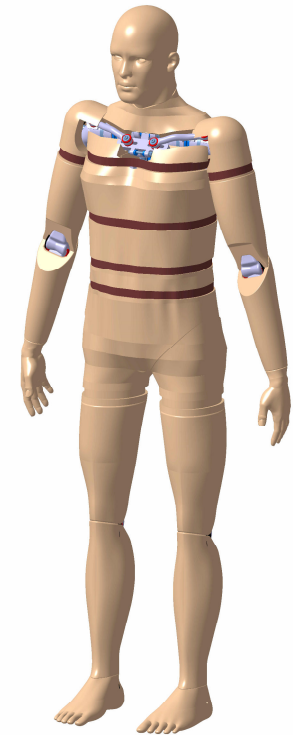
---

➤ create a realistic motion behaviour by :

### Erzeugung eines realen Bewegungsablaufes durch:

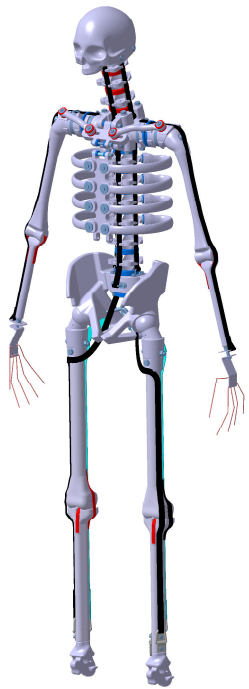
- realistic mass distribution and moments of inertia of all parts of the body **realistische Massenverteilung und Berücksichtigung der Trägheitsmomente aller Körperteile**
- realistic stiffness and crush behaviour as well as elastic connection between bones by tendons and ligaments **Berücksichtigung der Steifigkeit menschlichen Biomaterials, sowie realistisches Bruchverhalten der Knochen und Gelenkverbindungen über Bänder & Sehnen**
- Mainly no rigid or metal structures **Im Wesentlichen keine steifen oder metallischen Strukturen**

➤ **economy** Wirtschaftlichkeit

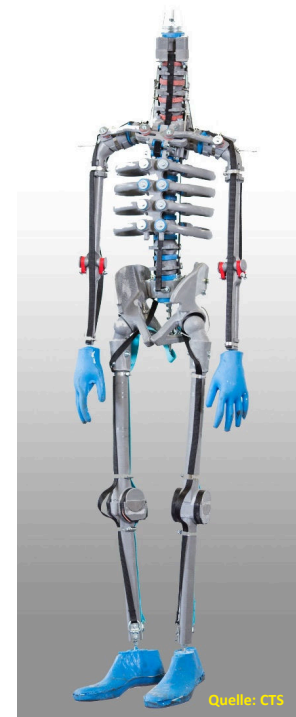


## Biofidelic Dummy 3.0 – version 2016

Biofidel-Dummy 3.0 – Version 2016



- bone substitute material is now a mixture of epoxy resin and aluminium powder  
**Knochenersatz besteht heute aus einer Mischung aus Epoxidharz und Aluminiumpulver**
- more reproducible breaking behavior  
**realistischeres Bruchverhalten**
- more realistic shaped bones and joints  
**Knochen und Gelenke sind realistischer geformt**
- polypropylene webbings as tendons and ligaments substitutes  
**Polypropylen-Bänder als Sehnen und Bänderersatz**

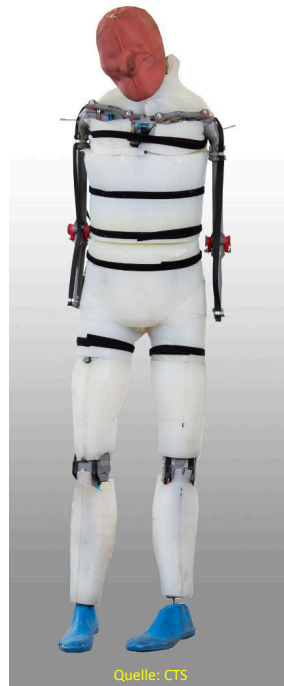


# Biofidelic Dummy 3.0 – version 2016

## Biofidel-Dummy 3.0 – Version 2016

---

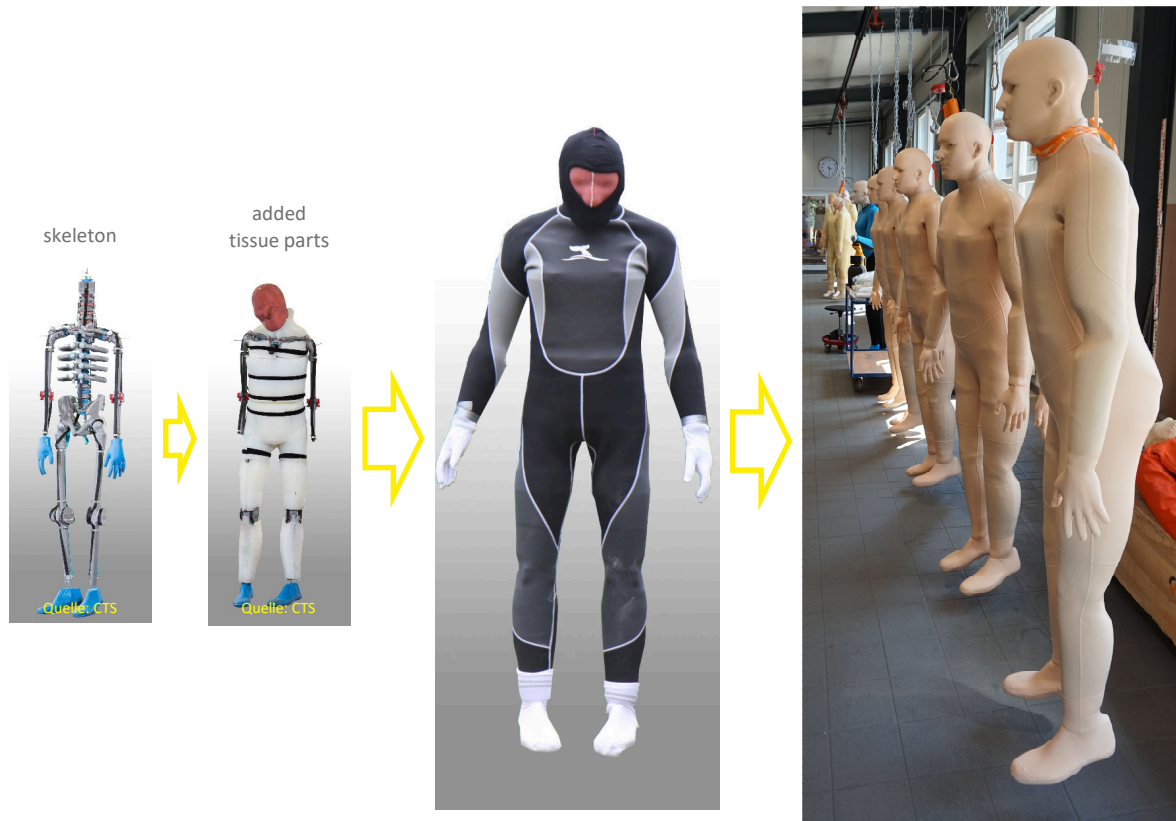
Skeleton



- soft tissue substitute consists of different multi-compound silicones with different Shore hardness values
- **Menschliches Ersatzgewebe bestehend aus Mehr-Komponenten-Silikonen mit unterschiedlichen Shore-Härten**

# Biofidelic Dummy 3.0 – version 2016

## Biofidel-Dummy 3.0 – Version 2016



- Neoprene coated with latex as substitute skin  
**Neopren mit Latex beschichtet als Ersatzhaut**

Quelle: CTS



## Forschung und Entwicklung in Berlin und Dresden

Research and development in Berlin and Dresden

## Produktion und Instandsetzung in Münster

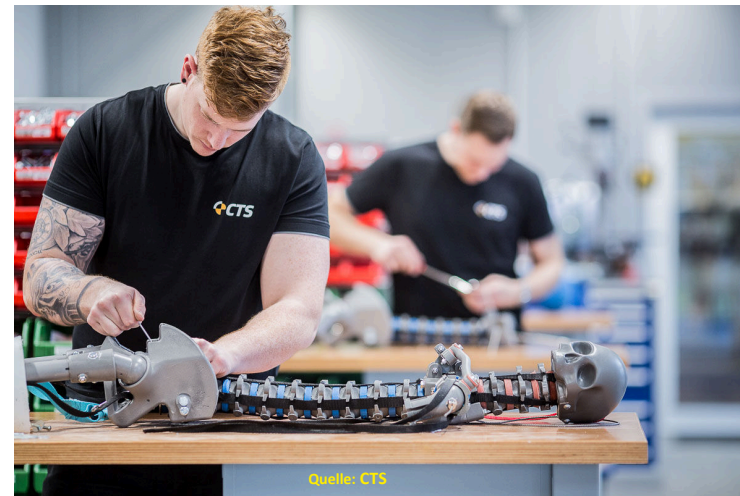
Production and repair in Münster

### Research and development



- HTW - Dresden
- Priester & Weyde Berlin
- Charité Berlin
- DEKRA Unfallforschung

### Production and repair:

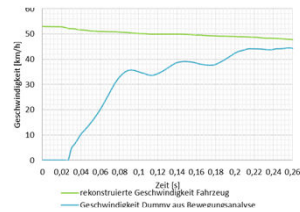


[crashtest-service.com](http://crashtest-service.com) GmbH

Anwendungsorientierte Weiterentwicklung des Biofidel-Dummy

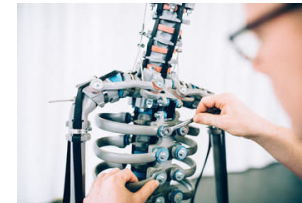
# Cycle of biofidelic Dummies

Der Kreislauf des biofidelen Dummies



**Construction / manufacturing or repair process**

Konstruktion / Herstellung bzw. Reparatur



**Analysis of the experimental data**

Analyse der Versuchsdaten

**Testing**

Versuch





**Damage Determination**

Schaden-Dokumentation



# Comparison: crash test vs. real accident

Vergleich zwischen Crashtest und Realunfall

	real accident	crashtest
	 <small>Quelle: [KAVA]</small>	
<b>collision speed [km/h]</b> Kollisionsgeschwindigkeit	53,0	52,6
<b>along throwing wide [m]</b> Längswurfweite	16,0	16,0
<b>cross-throw width [m]</b> Querwurfweite	2,0	1,7
<b>dynamic wrap around distance [cm]</b> Dynamische Abwickellänge	240	230
<b>dent offset [cm]</b> Beulenversatz	10	0

## Crash Test using a biofidelic dummy – [52,6 km/h]

Experimentelle Simulation mit biofidelem Dummy – Crash-Test [52,6 km/h]

---



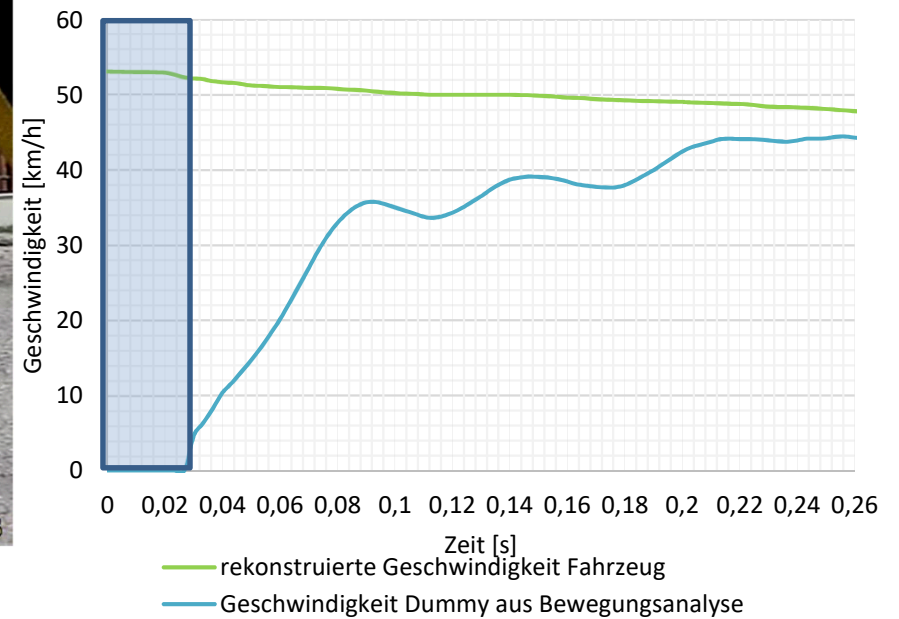
# Analysis of biofidelic dummy movement

Analyse der Bewegung des biofidelen Dummys – Crash Test [52,6 km/h]

## Bewegungsanalyse des BD-Dummy



Quelle: Priester & Weyde

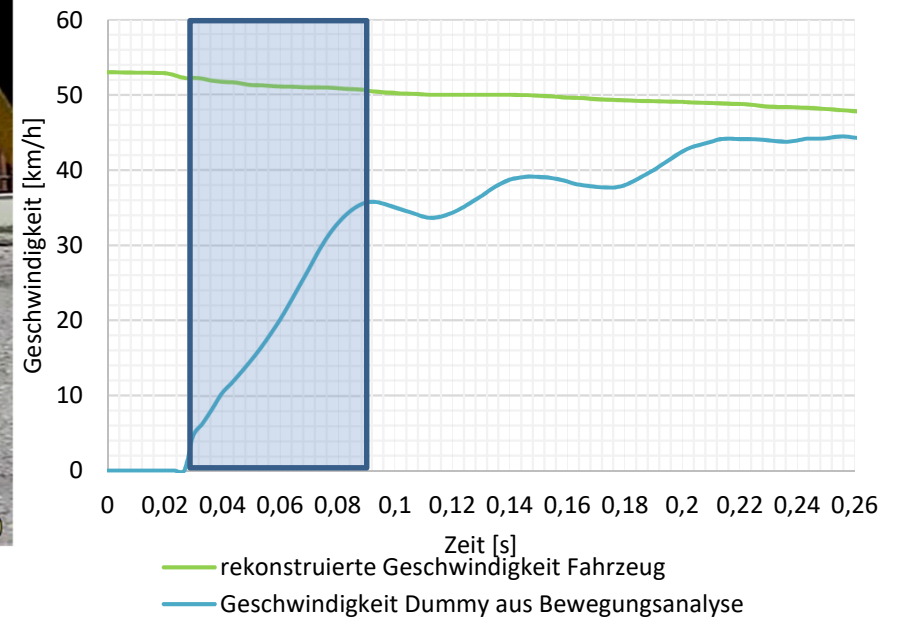


## Analysis of biofidelic dummy movement

Analyse der Bewegung des biofidelen Dummys – Crash Test [52,6 km/h]



Quelle: Priester & Weyde



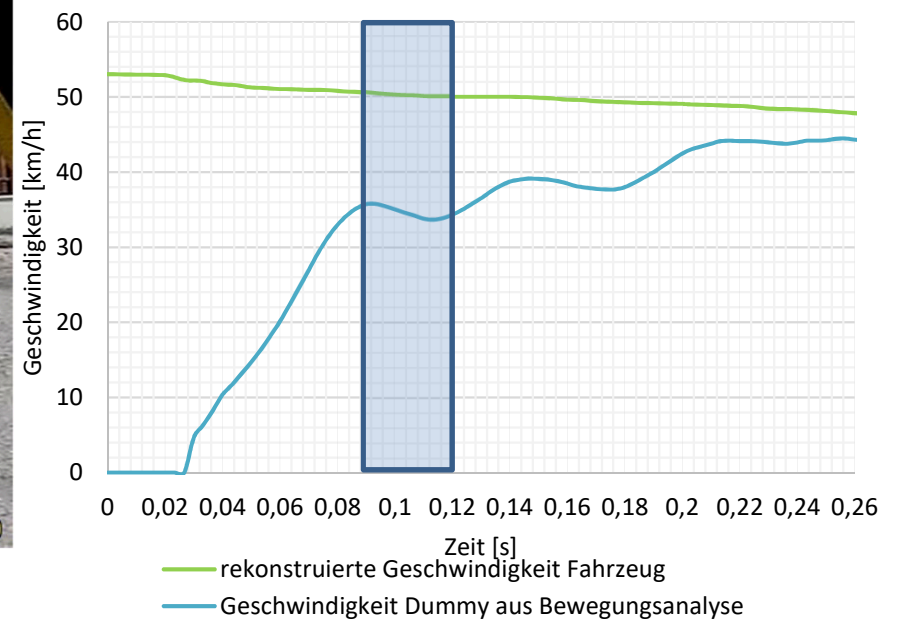
# Analysis of biofidelic dummy movement

Analyse der Bewegung des biofidelen Dummys – Crash Test [52,6 km/h]

## Bewegungsanalyse des BD-Dummy



Quelle: Priester & Weyde



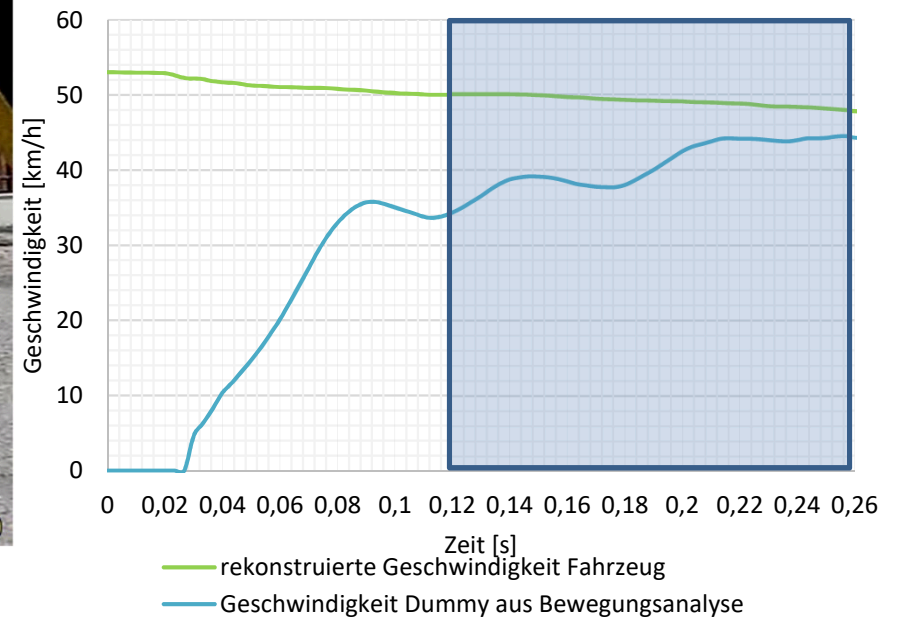
# Analysis of biofidelic dummy movement

Analyse der Bewegung des biofidelen Dummys – Crash Test [52,6 km/h]

## Bewegungsanalyse des BD-Dummy



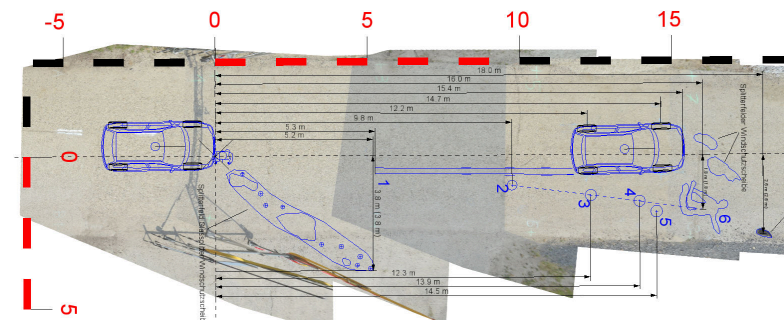
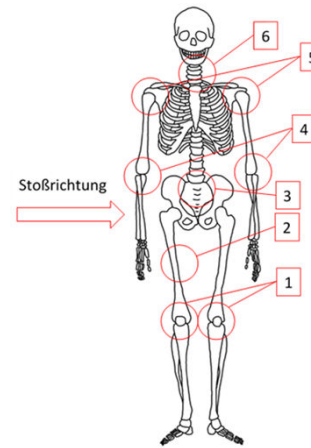
Quelle: Priester & Weyde





## Experimentelle Simulation mit dem Biofidel-Dummy 3.0

- Auswertung der experimentellen Simulation
- Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse
- Analyse möglicher Schwachpunkte des Dummys



## Experimentelle Simulation mit dem Biofidel-Dummy 3.0

---

Durch die experimentelle Simulation ermittelte Schwachpunkte des BD 3.0:

- **Starkes Längen des Dummys bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten**
- Hohe Fertigungstoleranzen der Knochen und Gewebeteile
- Starke konstruktive Kerbwirkung an verschiedenen Bauteilen
- Bewegungs- und Beschädigungsverhalten der Gelenke an Armen und Beinen verbesserungsfähig
- Hoher Einsatz von metallischen Verbindungselementen stört beim CT-Scan der Dummys
- Äußeres Erscheinungsbild

## Experimentelle Simulation mit dem Biofidel-Dummy 3.0



### Crashversuch der DEKRA und AXA 2017

- BMW 1er vs. Biofidel Dummy 3.0
- $V_{k \text{ Fahrzeug}} = 75 \text{ km/h}$
- $V_{k \text{ Dummy}} = 0 \text{ km/h}$

➡ **Starke Längung des Dummys**

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

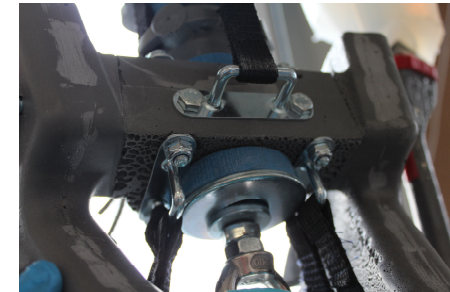
- Zusätzliche Haltebänder im Bereich der unteren Extremitäten
- Verbesserte Nähte nach DIN EN 566 (Bergsteignorm)
- Neue Anbindung der Hüfte an das Becken



**Verringerung der Dummylänge bei höheren Kollisionsgeschwindigkeiten**



*Unterschenkel mit verstärkten Beinhaltebändern*



*Becken mit veränderter Anbindung an die Wirbelsäule*



## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1



### Crashversuch von DEKRA und AXA 2018

- BMW 1er vs. Biofidel Dummy 3.1
- $V_{k \text{ Fahrzeug}} = 75 \text{ km/h}$
- $V_{k \text{ Dummy}} = 0 \text{ km/h}$



**Verringerte Längung  
des Dummys**

# Valuation of the Biofidelic Dummy

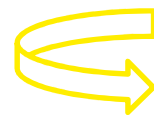
## Bewertung des Biofidel-Dummy

### ➤ Simulation of injuries by the use of a biofidelic dummy:

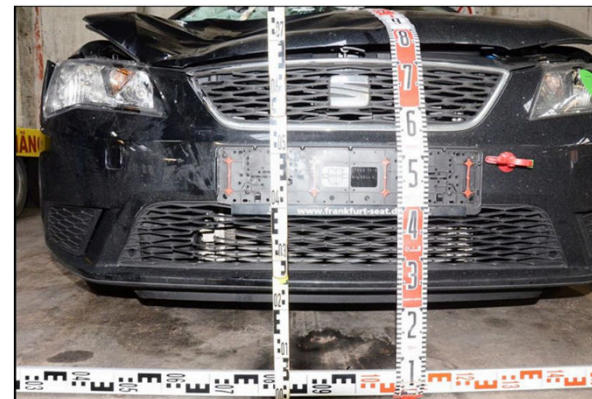
Simulation von Verletzungen durch BD-Dummy:

- at higher speeds amputations of the feet may occur

bei höheren Geschwindigkeiten kann es zu Amputationen der Füße kommen



also happens in real accidents!



## Findings from tests with the BD-Dummy

Erkenntnisse aus Versuchen und realen Unfällen:

---

Nicht nur die Kollisionsgeschwindigkeit und die Geometrie des Fahrzeuges, sondern auch Größe, Masse und Massenverteilung des Dummy haben einen erheblichen Einfluss auf das Schadenbild bzw. den Schadenumfang an Fahrzeug und Dummy, sodass auch von einer Abhängigkeit der Verletzungsschwere bzw. der Verletzungswahrscheinlichkeit auszugehen ist.

Dabei müssen niedrigere Kollisionsgeschwindigkeiten nicht zwingend zu geringeren Belastungen auf den Körper führen, da die Bewegung des Dummys bzw. einer Person von allen o. g. Faktoren abhängt und es dabei ggf. auch bei niedrigeren Geschwindigkeiten zu schweren Verletzungen beim Sekundäraufprall mit der Fahrbahn kommen kann

## Schadenfeststellung am Dummy in Kooperation mit der Rechtsmedizin an der **Charité Berlin**

---

- Der Biofidel-Dummy kann im Computer-Tomografen gescannt werden
- Vergleichende Untersuchung mit den CT-Scan-Daten aus realen Verkehrsunfällen bei Getöteten durch die Zusammenarbeit mit der Rechtsmedizin der Charité Berlin
- **Aufbau einer Datenbank zur Feststellung der Korrelation zwischen Kräften und Verletzungen**





## Testing of the Biofidel-Dummy 3.1

Test des Biofidel-Dummys 3.1



Mercedes Benz A-Klasse vs. Biofidel-Dummy 3.1 mit  $v_k = 72 \text{ km/h}$

## Schadenfeststellung am Dummy in Kooperation mit der Rechtsmedizin an der Charité Berlin

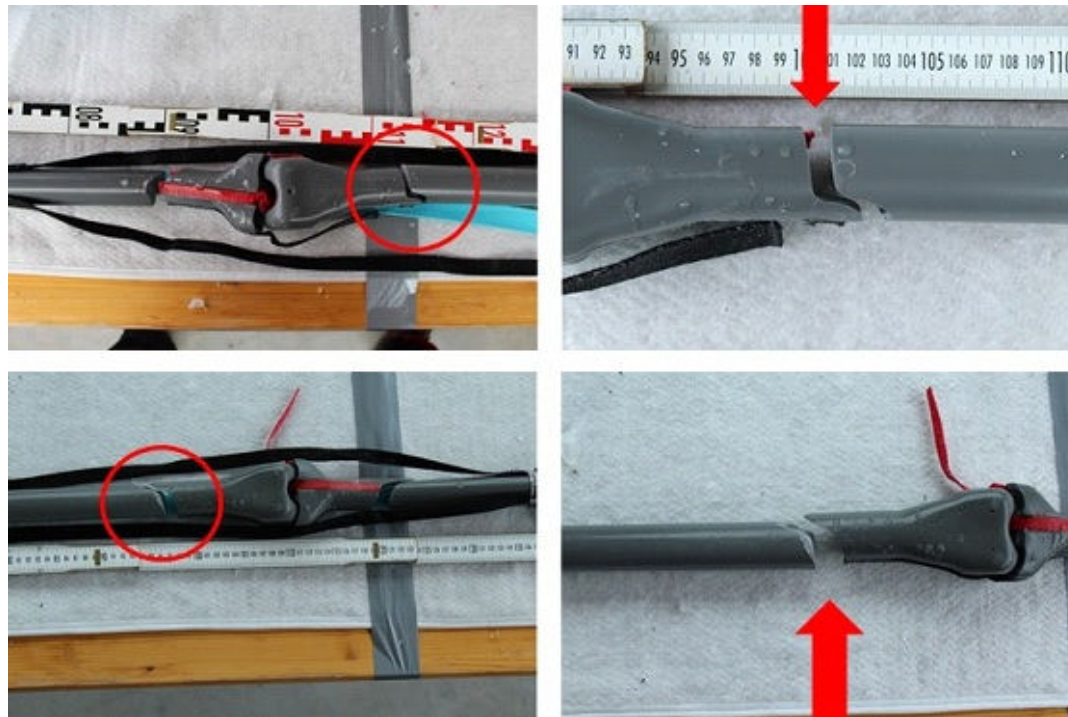


- Verletzung mittels 3D-Skelettrekonstruktion aus postmortalen Schichtströntgenuntersuchungen (pmMSCT)  
hier: primäre Anprallstelle in Form einer keilförmigen Unterschenkelfraktur „Messerer Keilbruch“ (linke Tibia nach Anprall eines Pkw [im Bild von links])



## Testing of the Biofidel-Dummy 3.1

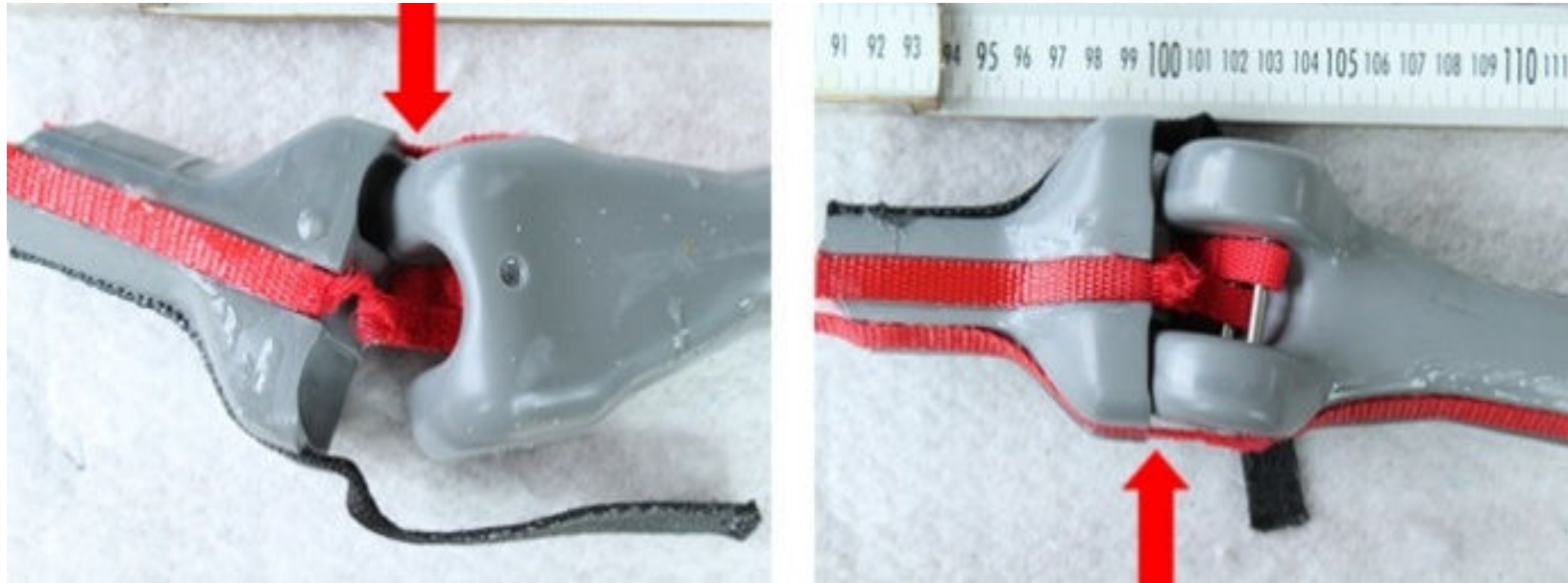
### Test des Biofidel-Dummys 3.1



Außenband-Abriss & Messerer-Keilbruch beim Biofidel-Dummy aus Crashversuch der DEKRA  
(roter Kreis zeigt die Lage des Bruchs- roter Pfeil zeigt die Schlagrichtung)

## Testing of the Biofidel-Dummy 3.1

Test des Biofidel-Dummys 3.1



„Knie-Verletzung“: Außenband-Abriss beim Biofidel-Dummy aus Crashversuch der DEKRA  
(roter Pfeil zeigt die Anstoßrichtung)

## Probability of injury for Pedestrians

### Verletzungswahrscheinlichkeit für Fußgänger

Ergebnisse der *Unfallforschung* verschiedener Länder

Body Region	USA (1994-1999)	Germany (1985-1998)	Japan (1987-1998)	Australia (1999-2000)	All Contries
<b>Head</b>	<b>32.7%</b>	<b>29.9%</b>	<b>28.9%</b>	<b>39.3%</b>	<b>31.4%</b>
Face	3.7%	5.2%	2.2%	3.7%	4.2%
Neck	0.0%	1.7%	4.7%	3.1%	1.4%
Chest	9.4%	11.7%	8.6%	10.4%	10.3%
Abdomen	7.7%	3.4%	4.7%	4.9%	5.4%
Pelvis	5.3%	7.9%	4.4%	4.9%	6.3%
Arms	7.9%	8.2%	9.2%	8.0%	8.2%
<b>Lower Limbs</b>	<b>33.3%</b>	<b>31.6%</b>	<b>37.2%</b>	<b>25.8%</b>	<b>32.6%</b>
Unknown	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.2%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

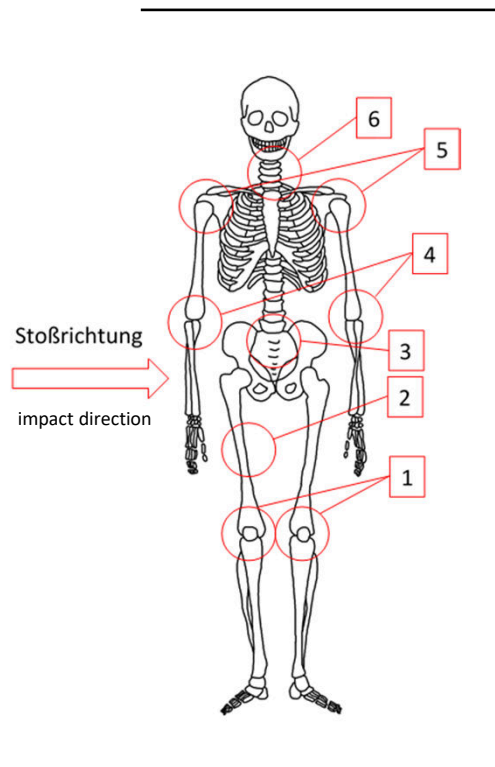
source: IHRA/PS WG 2001 report

Quelle: Atsuhiko Konosu, Japan Automobile Research Institute, Japan, 2008

**Die wesentlichen Verletzungen liegen überwiegend am Kopf und den unteren Extremitäten**

Main injuries are mainly located on the head and lower limbs

**comparison between dummy damages and injury probabilities of pedestrians**  
**Vergleich zwischen Dummy-Schäden und Verletzungswahrscheinlichkeiten bei Fußgängern**



	<b>injury probabilities [%]</b> Verletzungswahrscheinlichkeit	<b>dummy damages</b> Dummy-Schäden
<b>Head</b> Kopf	60,5	comparative HIC <sub>36</sub> :188
<b>neck</b> Hals	6,4	yes
<b>Thorax</b>	23,6	no
<b>upper limbs</b> obere Extremitäten	47,4	Yes
<b>Abdomen</b>	5,2	not demonstrable
<b>pelvis</b> Becken	16,9	Pelvis not, but sacrum
<b>lower limbs</b> untere Extremitäten	74,6	Yes

# Valuation of the Biofidelic Dummy

## Bewertung des Biofidel-Dummy

---

➤ Simulation of injuries:

### Simulation von Verletzungen:

damage of the skeleton correlates largely with the usual bone injuries

- **Schäden am Skelett korrelieren weitgehend mit den üblichen Knochenverletzungen**

Locations of dummy damage is consistent with the statistical distribution of injuries in cars / pedestrian collisions

- **Lage der Dummy-Schäden deckt sich mit der statistischen Verletzungsverteilung bei Pkw/Fußgängerkollisionen**

Damage of crash vehicles is corresponding to the damage of real case accidents

- **Die Schäden am Crash-Pkw korrespondieren mit den Schäden an den echten Unfallfahrzeugen**

So far no representation of internal injuries

- **Bisher keine Darstellung von inneren Verletzungen**

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

---

Durch die experimentelle Simulation ermittelte Schwachpunkte des BD 3.0:

- Starkes Längen des Dummys bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten
- Hohe Fertigungstoleranzen der Knochen und Gewebeteile
- **Starke konstruktive Kerbwirkung an verschiedenen Bauteilen**
- **Bewegungs- und Beschädigungsverhalten der Gelenke an Arm und Bein verbesserungsfähig**
- Hoher Einsatz von metallischen Verbindungselementen stört beim CT-Scan der Dummys
- Äußeres Erscheinungsbild

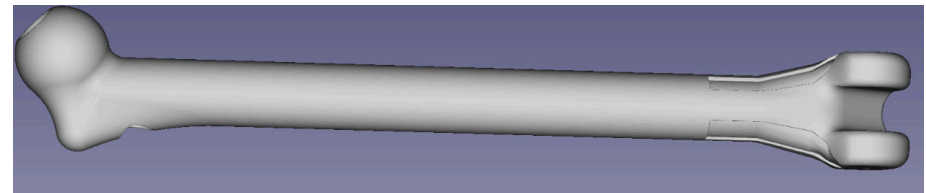


## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

- Hüftkopf und Femur waren bislang 2 Einzelteile
- Beim BD 3.1 werden diese Teile zusammengefasst
- Konische Querschnittsänderungen an den Gelenken



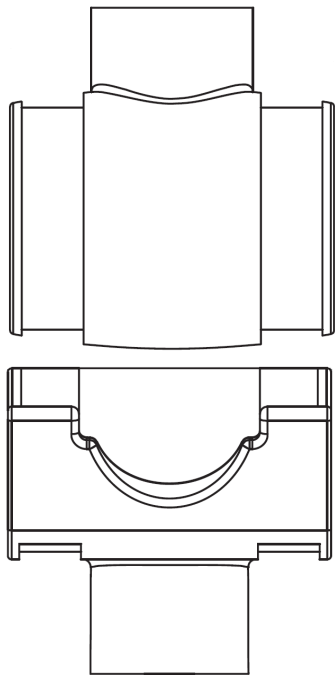
*Femur mit Hüftkopf alt*



*Femur mit Hüftkopf neu*

 **Verringerung von Kerbwirkungen an den Bauteilen und Gelenken**

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

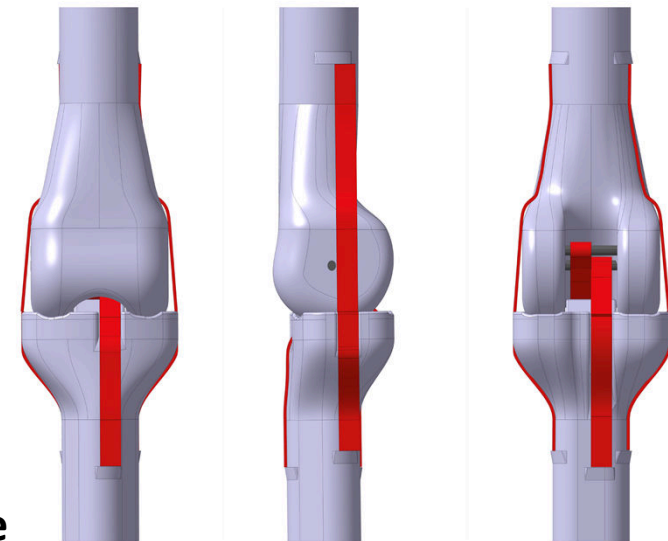


Scharniergelenk BD 3.0

- Überarbeitung des Kniegelenks
- BD 3.0 besaß ein einfaches Scharniergelenk
- BD 3.1 verfügt über ein Kondylengelenk, welches anthropomorphe Bewegungen ausführen kann



**Verbessertes Bewegungs- sowie Beschädigungsverhalten**



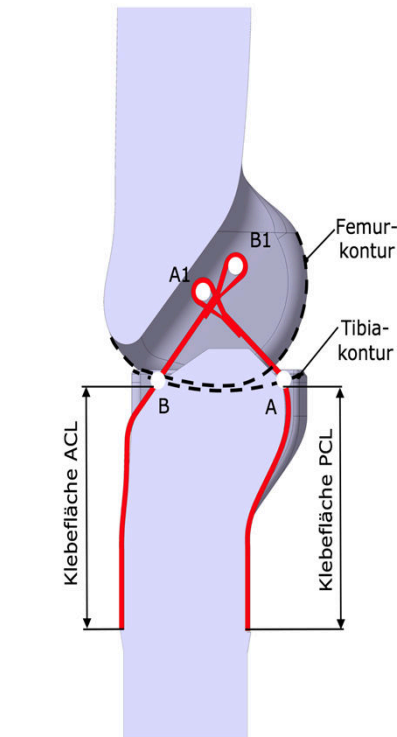
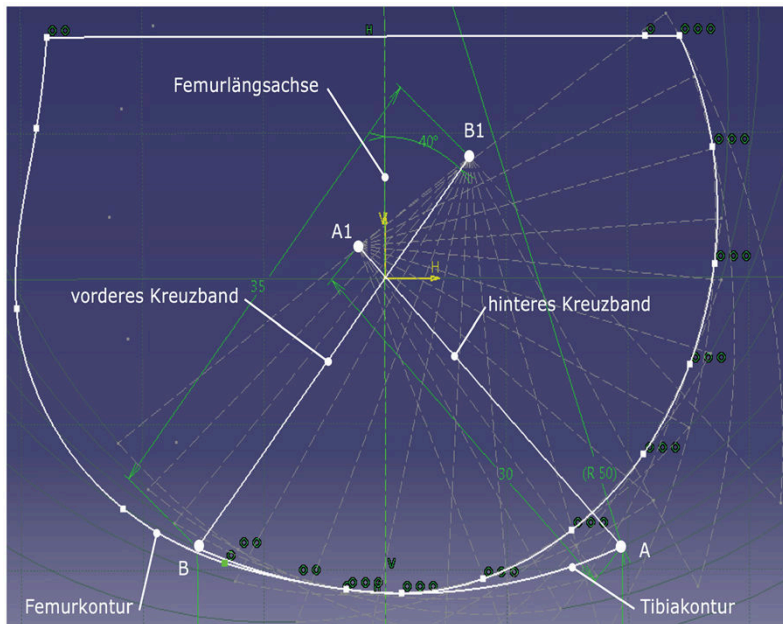
ventral

lateral

dorsal

Kondylengelenk BD 3.1

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1



*Wirkprinzip des Kondylengelenks*

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

---

Durch die experimentelle Simulation ermittelte Schwachpunkte des BD 3.0:

- Starkes Längen des Dummys bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten
- Hohe Fertigungstoleranzen der Knochen und Gewebeteile
- Starke konstruktive Kerbwirkung an verschiedenen Bauteilen
- Bewegungs- und Beschädigungsverhalten der Gelenke an Arm und Bein verbesserungsfähig
- Hoher Einsatz von metallischen Verbindungselementen stört beim CT-Scan der Dummys
- **Äußeres Erscheinungsbild**

## Verbesserungen des Biofidel-Dummys 3.1

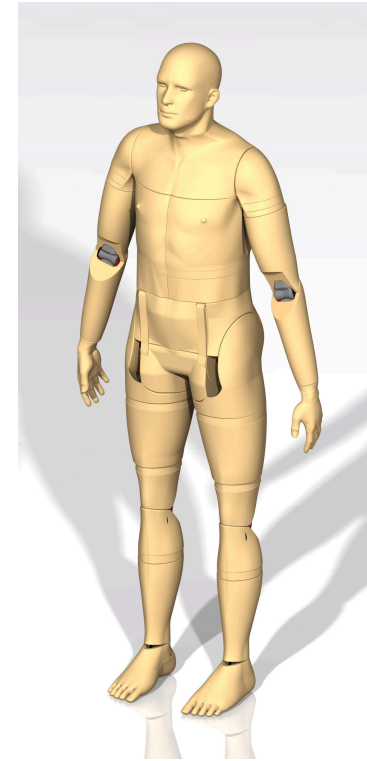
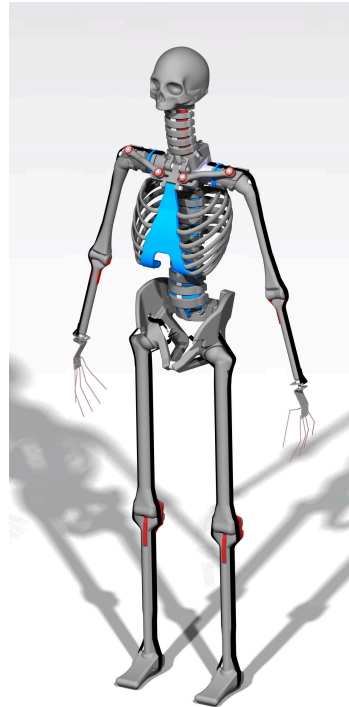
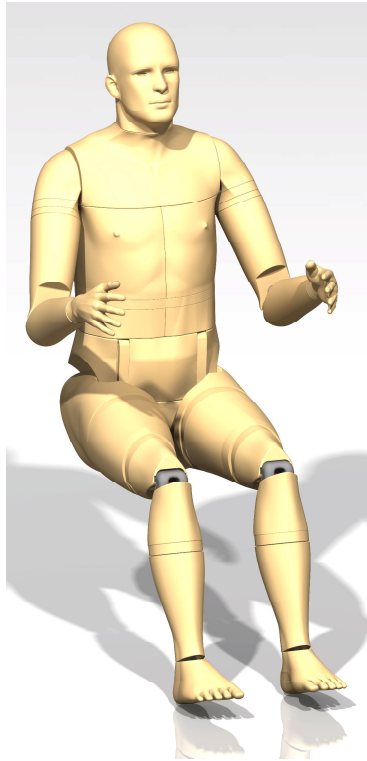
- Überarbeitung des Kopfbereiches
- Schädel besteht nun auch aus einem Knochenersatzmaterial
- Kopfhaut und Gesicht von Material sowie Stärke her dem Menschen nun deutlich ähnlicher



*Neue Kopfhaut sowie neuer Schädel des BD 3.1*

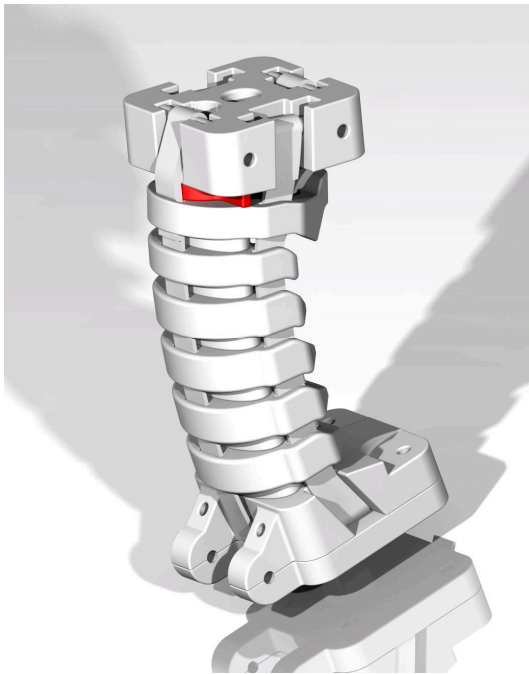
## Further development of the Biofidel-Dummy Weiterentwicklung des Biofidel-Dummys

---

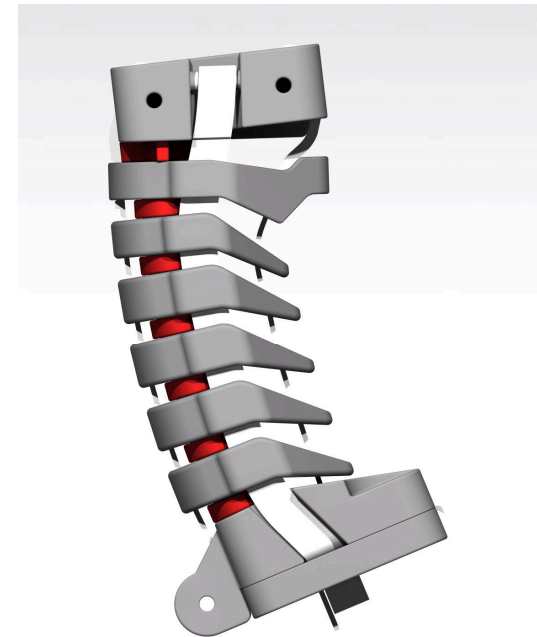


# Further development of the cervical spine

## Weiterentwicklung der Halswirbelsäule

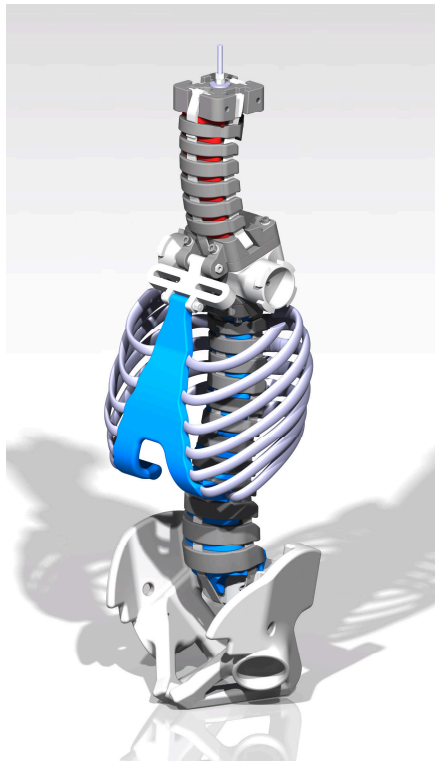


- Cervical spine with marked atlas and axis  
**Halswirbelsäule mit ausgeprägtem Atlas und Axis**
- Straps for adjusting the stiffness  
**Einstellbare Steifigkeit der HWS durch Gewebebänder**
- realistic shaped intervertebral discs  
**realistisch geformte Bandscheiben**
- Suitable for measurement devices  
**Geeigneter Bauraum für Messtechnik**



# New construction of thorax and spine

Neu konstruierte Wirbelsäule und überarbeiteter Thorax

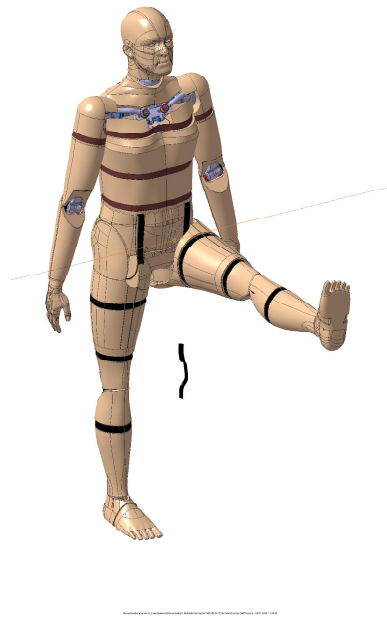


- Sternum now more flexible and realistic  
**Brustbein ist realistischer und flexibler**
- Higher number of rib pairs, which are more realistic shaped  
**Höhere Anzahl an Rippen, die realistischer geformt sind**
- Spine with more vertebrae and more realistic curvature  
**Wirbelsäule mit mehr Wirbelkörpern und realistischer Mehrfach-Biegung**





## Dummy can be used standing and sitting Dummy kann stehend und sitzend verwendet werden



new shaped pelvis und tissue

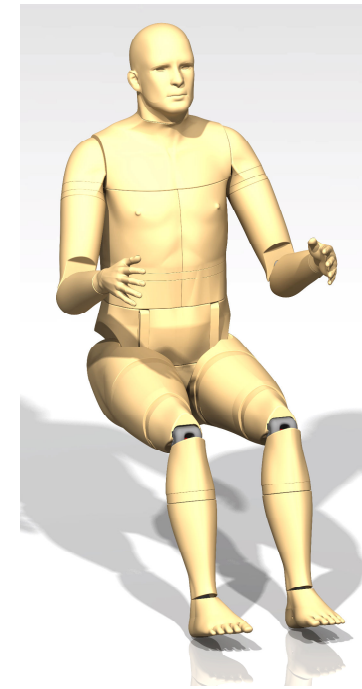
**neu geformtes Becken und Gewebeteil**

sitting or standing positions without modification  
measures

**Sitzender oder stehender Einsatz ohne  
Umbaumaßnahmen möglich**

can be used for sled- or occupant-tests

**Für Schlitten- oder Insassenversuche  
geeignet**



## Conclusion

### Zusammenfassung

---

**Der Biofidel-Dummy soll in Zukunft Leichenversuche entbehrlich machen, um sowohl digitale Mensch-Modelle als auch Konstruktionen der Passiven Sicherheit an Fahrzeugen realitätsnah auf ihre Wirksamkeit testen zu können**

**Derzeit gibt es zwar wahrscheinlich kein besseres Surrogat für vulnerable Verkehrsteilnehmer im Full-Scale-Crash-Test, aber es besteht dennoch weiterer Entwicklungsbedarf**

**Die weitere Entwicklung des Biofidel-Dummys bedingt die Kooperation mit Konstrukteuren passiver Schutzmaßnahmen,**

- Praxiskonferenz Fußgängerschutz 26./27. Juni 2019 BAST**
- Dummy-Workshop CTS Münster 10. September 2019**

---



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!  
... und Dank auch an die **DEKRA** Unfallforschung**

Anwendungsorientierte Weiterentwicklung des Biofidel-Dummy