



# **Crash Simulation von Fahrzeugen an Schutzeinrichtungen der Straße**

Bertold Fröhlich

# Inhalt

- Zertifizierung von Schutzeinrichtungen
- Virtueller Nachweis der Leistungsfähigkeit
- Simulation von Schutzeinrichtungen in Kurven
- Verwendete Parameter zur Modellierung
- Vorläufige Ergebnisse über den Einfluss der Modifikation auf Leistungsparameter der SE

# Schutzeinrichtung (SE)



Foto:: BAST

- Wenn alle Vorkehrungen, die ein Abkommen des Fahrzeuges von der Fahrbahn verhindern sollen, nicht gewirkt haben, soll die SE das **abkommende Fahrzeug auf halten**, umleiten und sicher zurückführen.
- Die **Verformung (Wirkungsbereich, dynamische Durchbiegung und Fahrzeugeindringung)** sollte dabei möglichst klein gehalten werden, und die **Insassenbelastung** möglichst gering ausfallen.

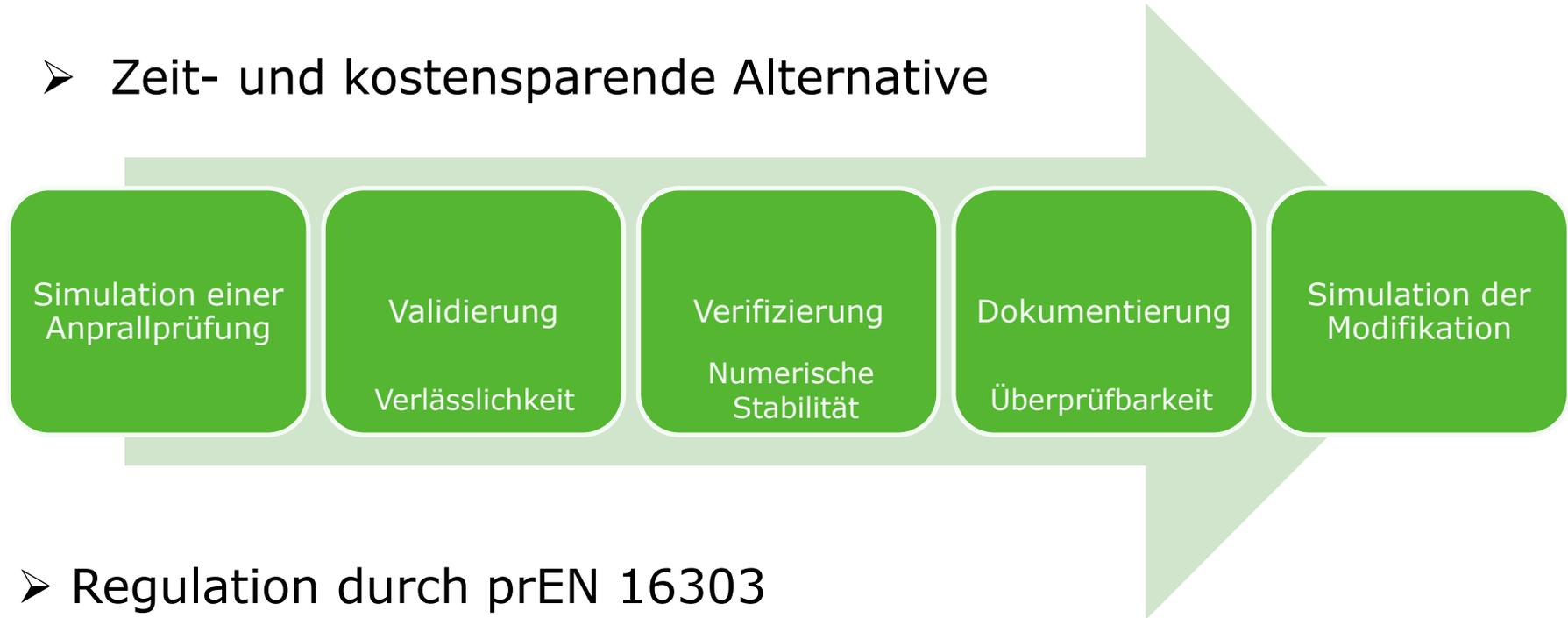
# Zertifizierung von Schutzeinrichtungen nach BauPVO



➤ Regulation durch EN 1317

# Virtueller Nachweis per Simulation

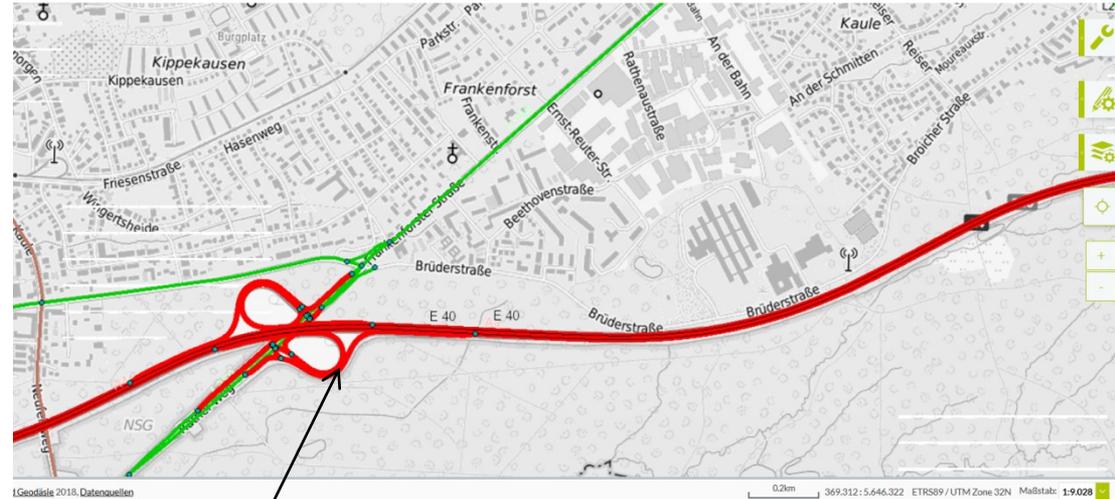
- Zeit- und kostensparende Alternative



- Regulation durch prEN 16303

# Simulation von Schutzeinrichtungen in Kurven

- In Anprallprüfungen sind Schutzeinrichtungen gerade aufgebaut
- Vermutet: Einfluss der Krümmungen in Kurven auf die Leistungsfähigkeit
- Wie groß ist dieser Einfluss?
- Ist es notwendig eine gekrümmte Schutzeinrichtung real zu testen? Was wären mögliche Randbedingungen?



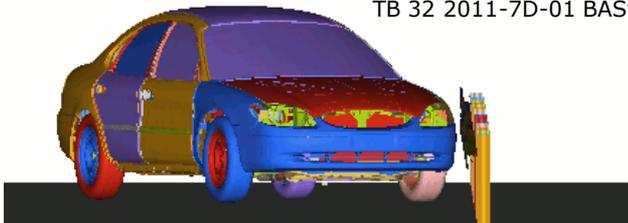
Landesbetrieb Straßenbau NRW

Bsp. Autobahnausfahrt:  
Kurvenradius  $R = 60 \text{ m}$

# Referenzmodell



TB 32 2011-7D-01 BAST



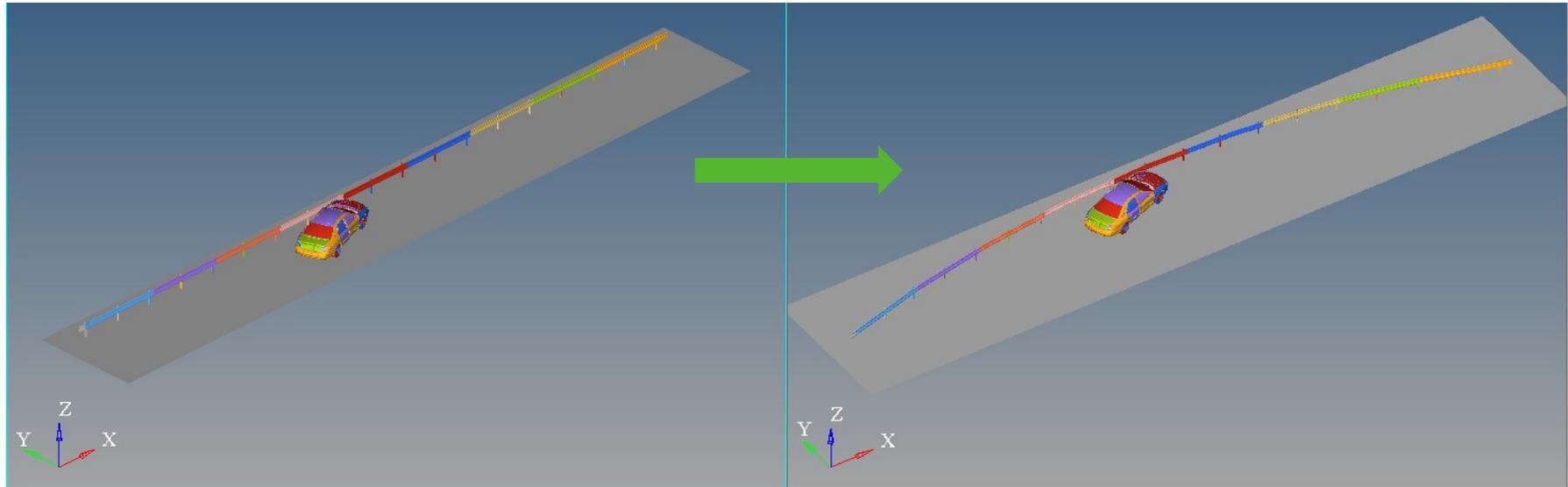
Realer Anprall	Simulation
BMW 5	Ford Taurus NHTSA
1500 kg	1600 kg
Anprallgeschw.	110 km/h
Anprallwinkel	20°
Schutzeinrichtung	ESP 2.0

- Simulationsmodell folgt Anprallprüfung Qualitativ

# Modifikation der Schutzeinrichtung

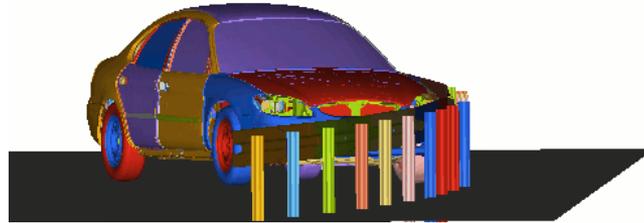
Kurvenradius = 0

Kurvenradius = 60...120 m

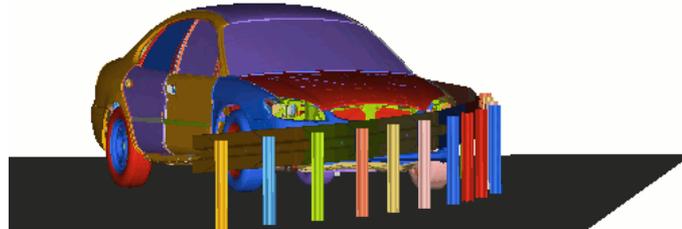


# Modifikationsparameter Kurvenradius R

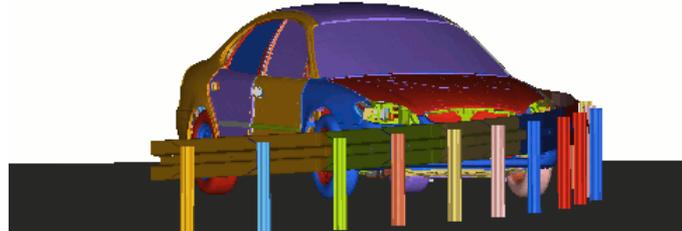
R = 120 m



R = 90 m



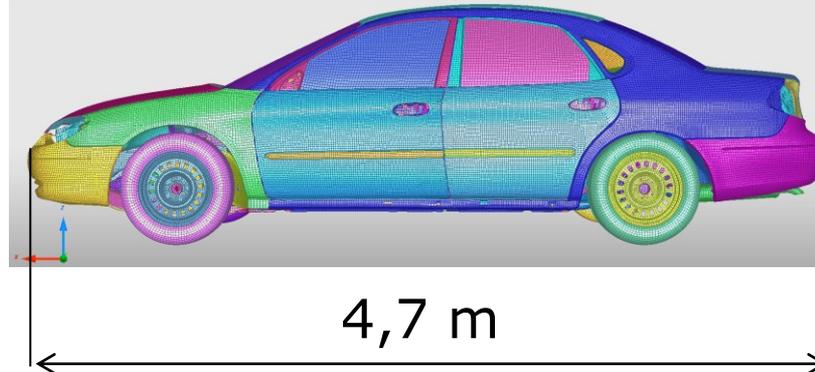
R = 60 m



- ESP 2.0 mit Kurvenradius R gekrümmt
- (Morph/ LS-PrePost 4.3)
- Anprall 20° tangential

# Verwendete Parameter zur Modellierung

- MPP/ s/ r7.1.3
- Linux
- Explicit
- Einheiten: N, mm, t

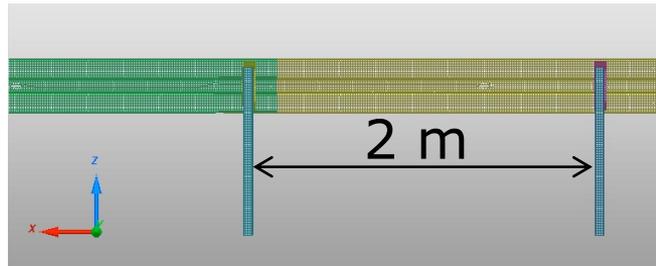


## Fahrzeug:

- El.-Kantenlänge 7.5 – 20 mm
- Shell t = 1...3 mm
- Contact: Automatic Single Surface

## Gesamtmodell:

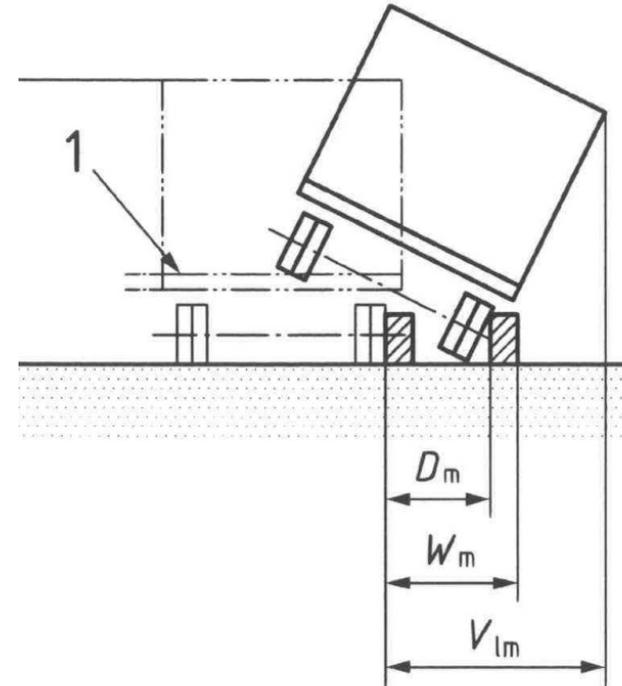
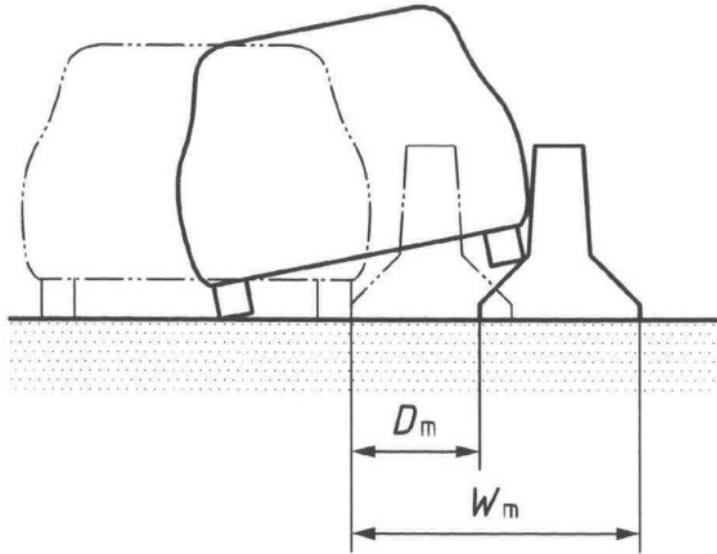
- Smallest timestep  $3,78 \cdot 10^{-7}$  s
- Contact: Automatic Surface to Surface



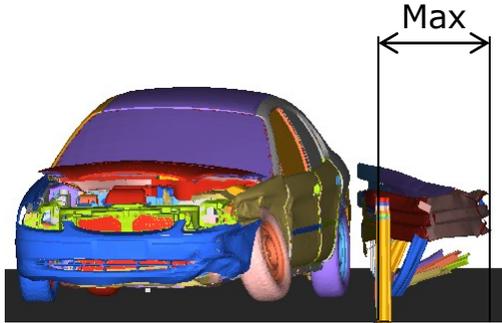
## Schutzeinrichtung:

- El.-Kantenlänge 5 – 10 mm
- Shell t = 3...5 mm
- Shell ELFORM 16 (ELFORM 2 an den Enden)
- Schraubverbindungen -> Spotwelds
- Contact: Automatic Single Surface

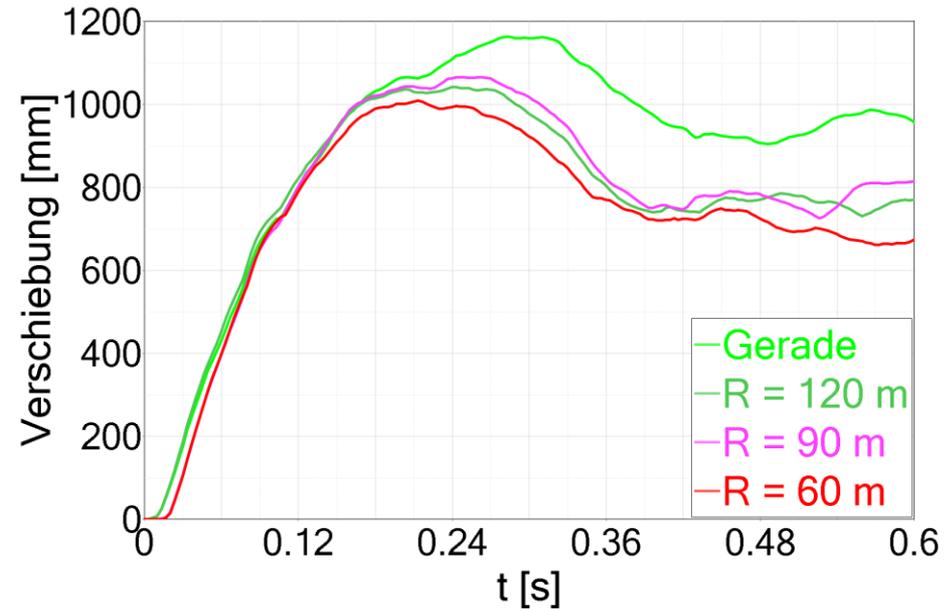
# Exkurs: Dynamische Durchbiegung $D_m$ und Wirkungsbereich $W_m$ nach EN 1317



# Dynamische Durchbiegung (vorläufiges Ergebnis)



- Dynamische Durchbiegung  $\approx$  Wirkungsbereich
- Durchbiegung in Kurven ( $60 \text{ m} < R < 120 \text{ m}$ ) ist geringer als auf geraden Strecken.
- Reale Prüfung TB 32 2011-7D-01: 1000 mm



# Insassenbelastung - ASI

$$ASI(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}_x}{\hat{a}_x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y}{\hat{a}_y}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z}{\hat{a}_z}\right)^2}$$

$$\hat{a}_x := 12 g$$

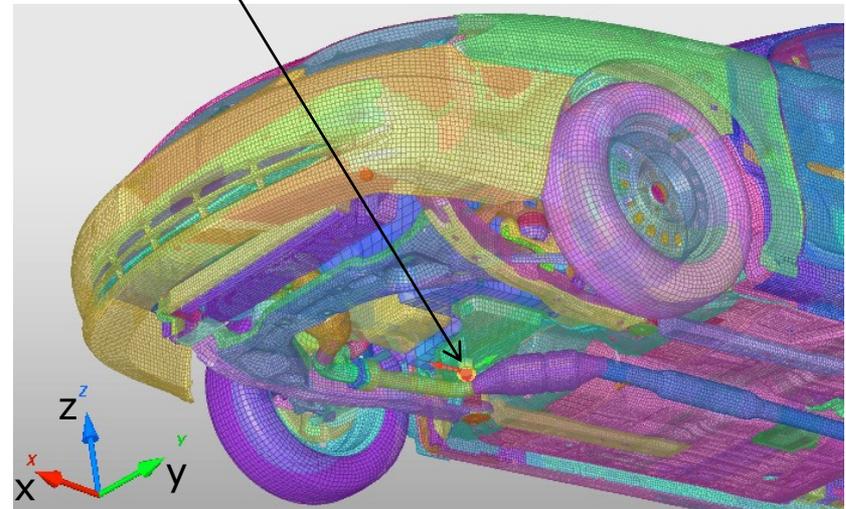
$$\hat{a}_y := 9 g$$

$$\hat{a}_z := 10 g$$

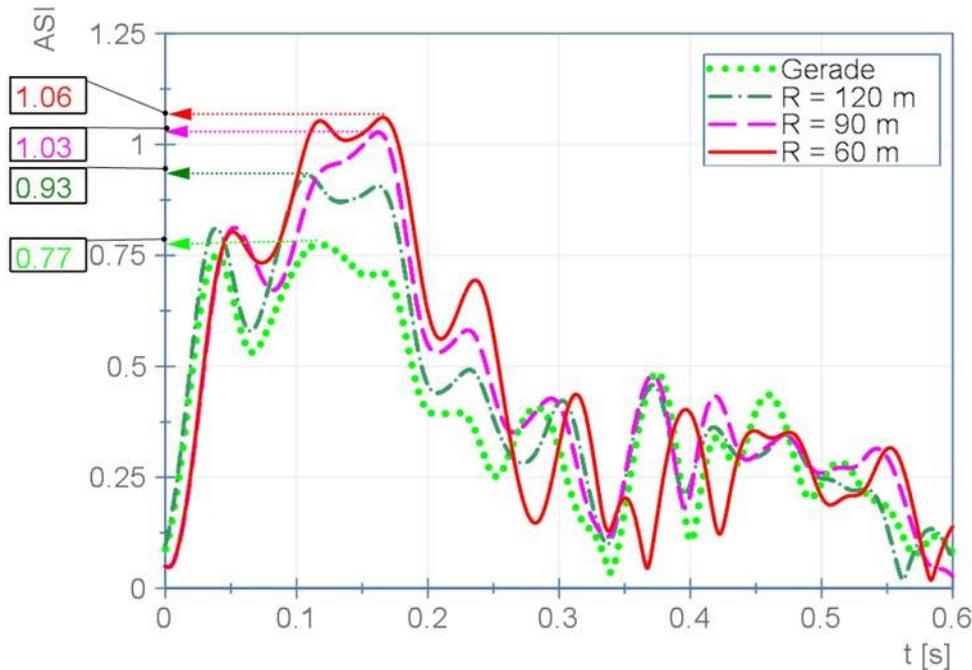
$$g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

$\bar{a}_{x,y,z}$  ist der 50 ms Durchschnittswert der x,y,z Beschleunigungskomponenten

Referenz Accelerometer



# Insassenbelastung – ASI (vorläufiges Ergebnis)



Ist die ESP 2.0 in Kurven aufgestellt mit Krümmungsradien  
 $60\text{ m} < R < 120\text{ m}$  erhöht sich die Insassenbelastung gegenüber der geraden Schutzeinrichtung.

Krümmungsradien  
 $R = 90\text{ m}$  und  $R = 60\text{ m}$  erhöhen die Anprallheftigkeitsstufe von Klasse A ( $ASI < 1$ ) nach Klasse B ( $ASI > 1$ )  
 Reale Prüfung TB 32 2011-7D-01: 0,6

# Zusammenfassung

- Simulation von einem Anprall eines PKW mit 110 km/h gegen eine Schutzeinrichtung aus Stahl in Kurven mit Krümmungsradien  $R = 60 \text{ m}$ ,  $90 \text{ m}$ ,  $120 \text{ m}$  und Vergleich mit der gerade aufgestellten Schutzeinrichtung
- Bis auf Energie-/Konvergenzbetrachtungen folgende vorl. Ergebnisse:
  - Dynamische Durchbiegung der Schutzeinrichtung in den Kurven ist etwa um 20 % geringer zu erwarten
  - Insassenbelastung ist um ca. 38 % erhöht bei  $R = 60 \text{ m}$