

Präventionstechnische Konzepte im Fußraum

Rolf Behling

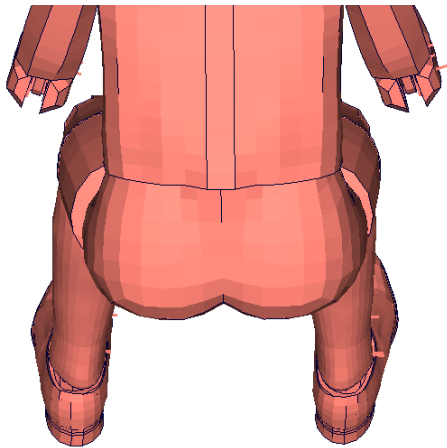


Gründungssymposium der Gesellschaft Medizinische Technische Traumbiomechanik
Konstanz, 8./9. April 2011

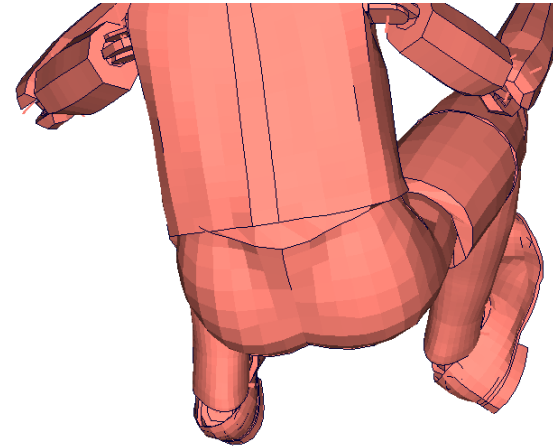
Inhalt

- **Theoretische Betrachtungen**
- **Strukturelle Maßnahmen**
- **Fußraumauskleidung**
- **Pedalerie**
- **Vorwärtsbewegung der Insassen**
- **Fondinsassen**
- **Ausblick: „X-by-wire“**

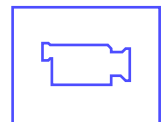
- **Bewegung der unteren Extremitäten bei einem Crash**



Fahrer Crash-Beginn



Fahrer Crash-Ende

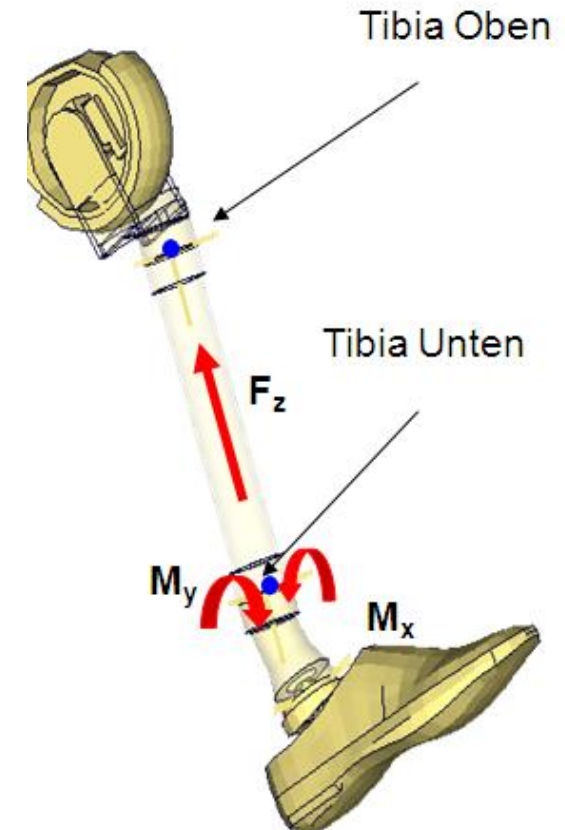


Der Tibia - Index stellt ein Verletzungskriterium für den Unterschenkelbereich dar.

- **Der Tibia Index wird ermittelt aus folgenden Werten:**

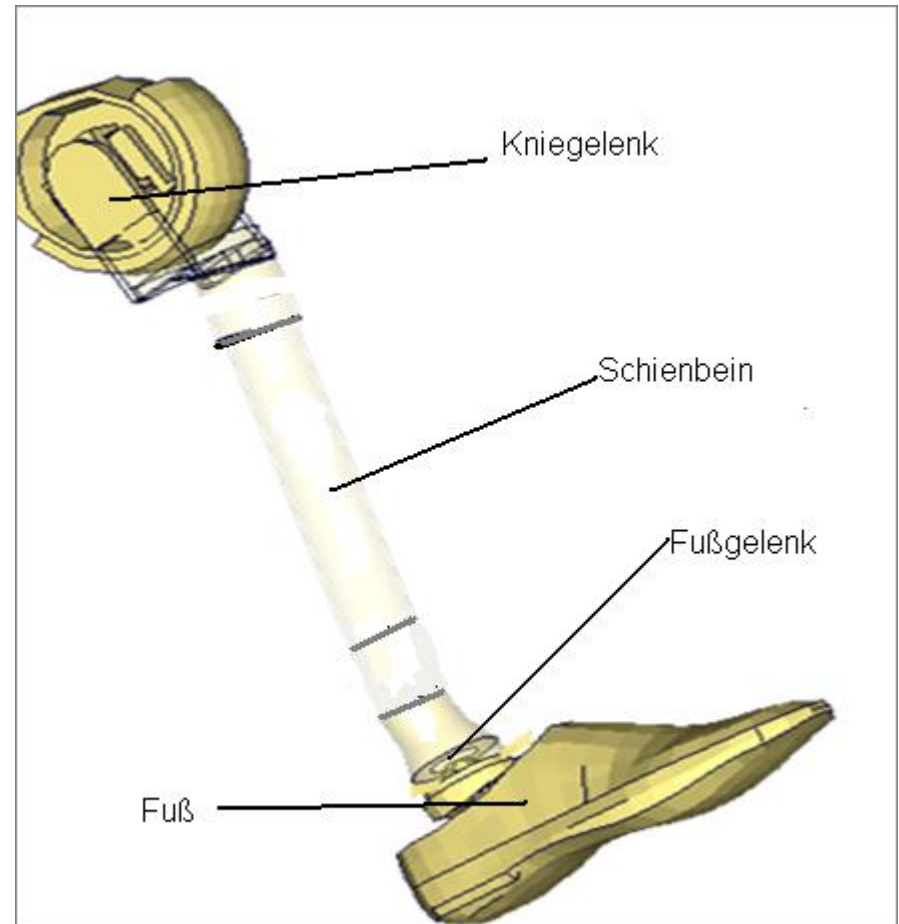
- M_x , Moment um die X-Achse
- M_y , Moment um die Y-Achse
- F_z , Kraft in Beinrichtung
- $M_c = 225 \text{ Nm} \rightarrow$ Kritisches Biegemoment
- $F_c = 35900 \text{ N} \rightarrow$ Kritische Druckkraft in Z Richtung

$$TI = \left| \frac{\sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}}{M_c} \right| + \left| \frac{F_z}{F_c} \right|$$

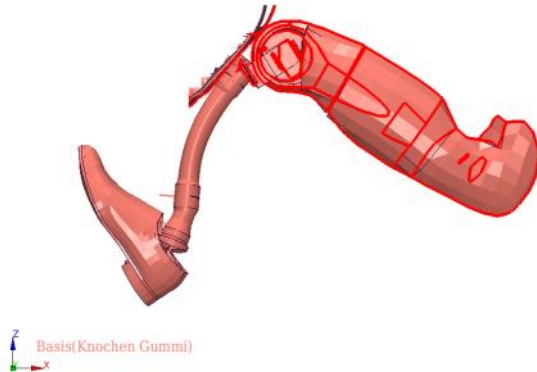


- **Einflussgrößen die präventiv durch bestimmte Maßnahmen verringert werden sollen**

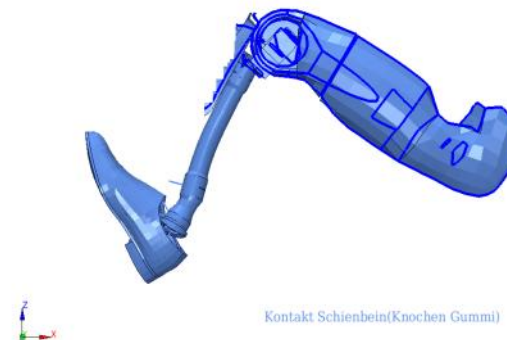
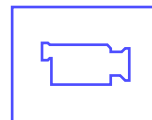
- Verschiebungen oder Biegungen um das Kniegelenk
- Druckkräfte im Schienbein
- Verschiebungen oder Biegungen um das Fußgelenk
- ungleichförmige Belastungen im Fuß
- kurze, heftige Schläge in die Fußsohle



■ Gummibein



Schienbeinknochen aus Gummi



Schienbeinknochen „normal“

- **rotes** Bein: Knochen ist aus Gummi abgebildet
- **blaues** Bein: „normaler“ Knochen

Im Vergleich ist zu erkennen, wie eine frühzeitige und flächige Abstützung des Beines einen positiven Effekt hat.

■ Crashtest Brilliance BS4 (2009)



Bilder: ADAC



■ Hohes Risiko für den Fahrer

„Das Bodenblech im Fahrerfußraum reißt beim Frontalcrash auf. Die Armaturentafel dringt in den Innenraum ein. Scharfkantige Blechteile, die sich unterhalb der Armatur befinden, sind nicht abgedeckt oder gepolstert. Somit stellen sie ein hohes Risiko für Knie und Oberschenkel des Fahrers dar. Kupplungs- und Bremspedal werden zu Spießen. Auch das Lenkrad des Chinesen ist eine Gefahr, durch den nicht optimal positionierten Airbag gefährdet es nicht nur den Brustbereich, auch der Fahrerkopf durchschlägt das vermeintlich schützende Polster und trifft auf das Steuerrad...“
(Quelle: ADAC 2009)

■ Strukturmaßnahmen im Rohbau

- Ultra High Strength Steel
- Extra High Strength Steel
- Very High Strength Steel
- High Strength Steel
- Mild Steel / Forming grades
- Aluminium



Bild: Volvo

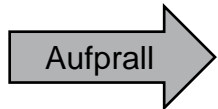


Bild: Mercedes Benz

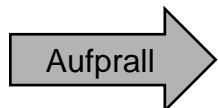
- Verwendung von verschiedenen Materialien wie Aluminium oder hochfeste Stähle um:

- Definiertes Verformen/Knicken zu ermöglichen
- Definierten Kraftfluß zu generieren
- Steifigkeiten zu erzeugen
- Intrusionen zu vermeiden

■ Radabstützung beim Frontalaufprall



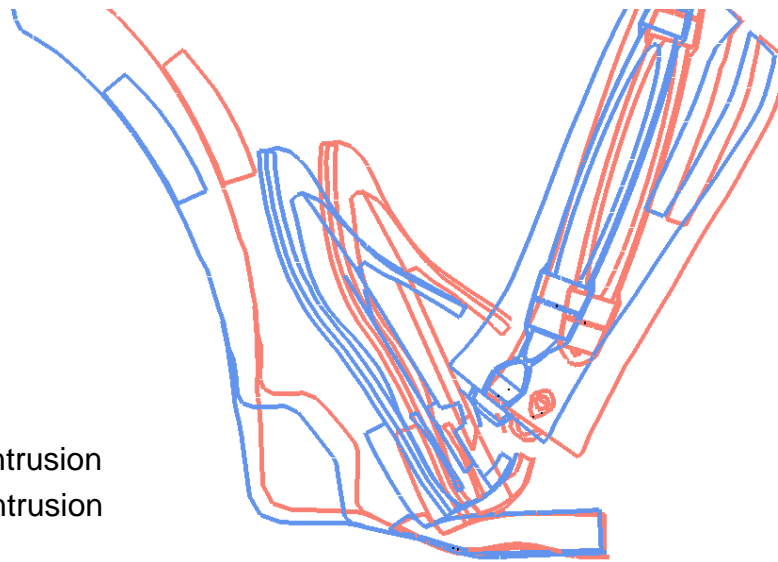
- Keine gewünschte Radabstützung, dadurch Deformation im Fußraum durch Eindringen des Rades



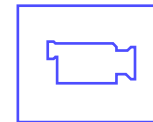
- Die nach vorn verlängerten Seitenschweller stützen beim Frontalcrash das Rad ab und verhindern, dass es in den Fußraum eindringt. Zudem wird auf diese Weise eine zusätzliche Energieabsorption über die Räder ermöglicht.

Bilder: IIHS

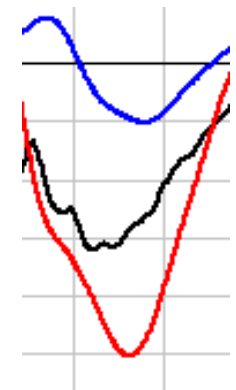
■ Fußraumintrusion



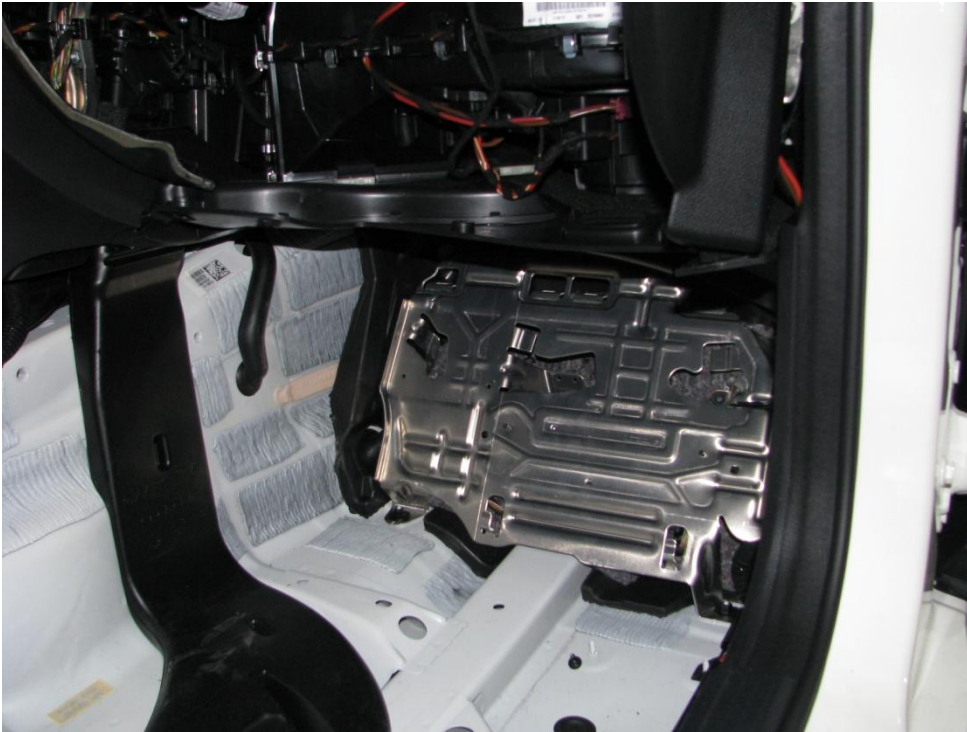
Rot: erhöhte Intrusion
Blau: niedrige Intrusion



- Fuß stellt sich bei erhöhter Intrusion weiter auf, daher größeres **Moment M_y**
- Fuß wird durch Intrusion in Pos X-Richtung geschoben.
- Winkel zwischen Fuß und Unterschenkel (**rot**) geringer, siehe Bild.



■ Fußraumplatte für Beifahrer



- Im Fußraum auf der Beifahrerseite kann die Fußablage aus einer Metallplatte mit energieabsorbierender Schaumauflage bestehen, die den Aufprall der Füße auf die Fußablage dämpft.
- Zusätzlich kann sich die Metallplatte gezielt verformen und so Aufprallenergie absorbieren.

■ Schaumpolster im Fußraum



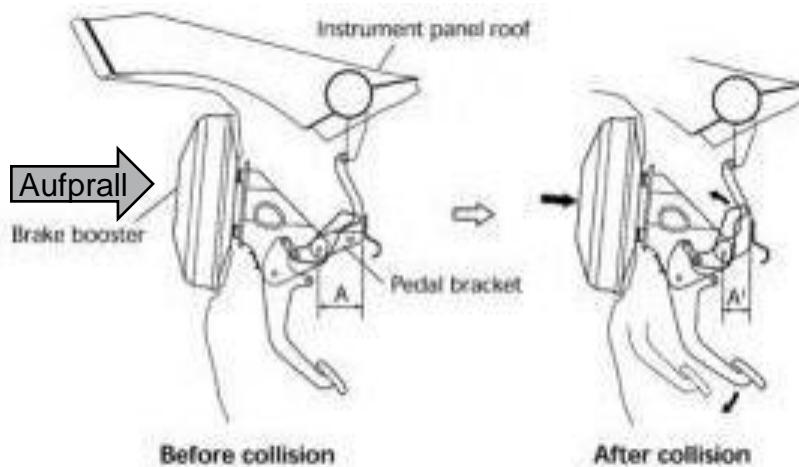
- Hinter der Fußablage, im Teppich sowie unterhalb des Gaspedals verfügen die modernen Fahrzeuge über energieabsorbierende Schaumstoffeinlagen. Sie dämpfen beim Crash einen möglichen Prellschlag und reduzieren somit die Belastungen auf Füße und Beine.



■ Pedalerie



- Sogenannte Sicherheitspedale vermeiden, dass die Pedale sich in den Innenraum verschieben und damit
 - den Insassen durch entstehende scharfe Kanten verletzen
 - eine ungünstige Fußbewegung erzeugen und ein Knicken des Fußes daraus resultiert
 - sich ein Prellschlag durch die eindringende Pedalbewegung ergibt



■ Verhindern von Submarining/Vorverlagerung



Bild: Skoda

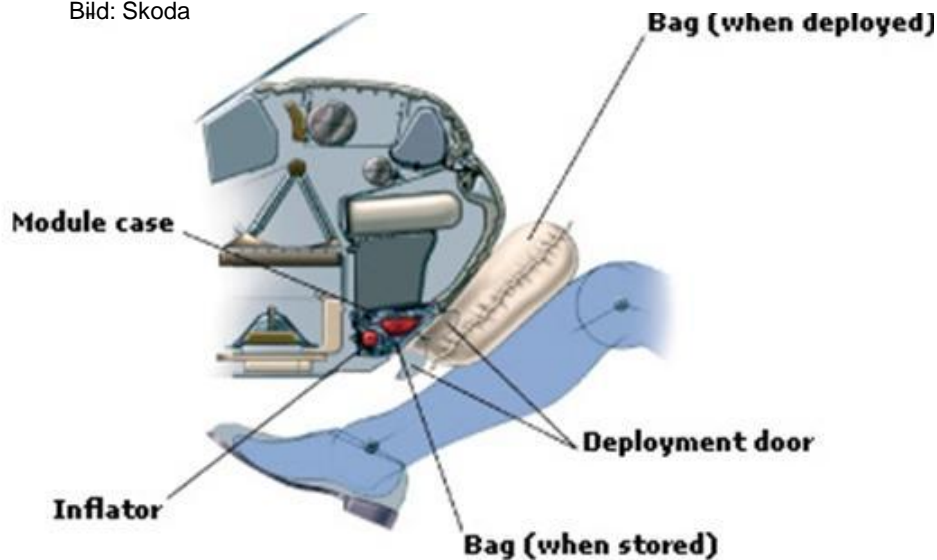
Durch ein Verhindern der Vorwärtsbewegung des Insassen beim Unfall wird vermieden, dass eine ungünstige Belastung auf Fuß und Bein einwirkt.

■ Knie-Airbag

- Verringerung der Vorverlagerung
- flächige Abstützung des Beines

■ Gurtstraffer

■ Sitzrampe



■ Verhindern von Submarining/Vorverlagerung



Durch ein Verhindern der Vorwärtsbewegung des Insassen beim Unfall wird vermieden, dass eine ungünstige Belastung auf Fuß und Bein einwirkt.

■ Knie-Airbag

■ Gurtstraffer

Die Funktion besteht darin, im Falle eines Unfalles den Gurt fester zu ziehen. Dabei werden bis zu 10 cm Gurtband eingezogen.

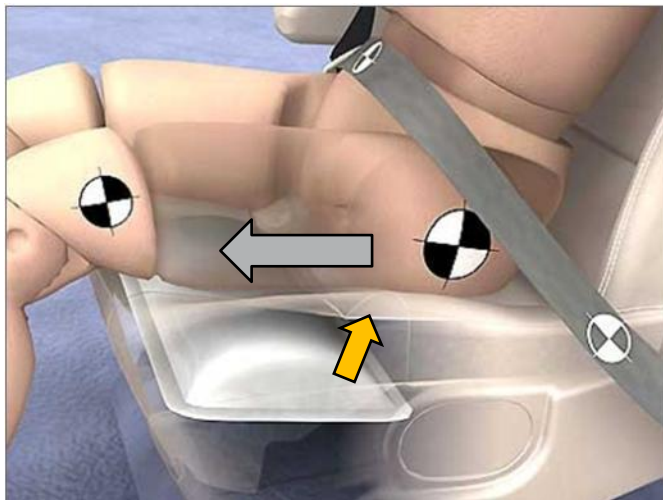
■ Sitzrampe

■ Verhindern von Submarining/Vorverlagerung



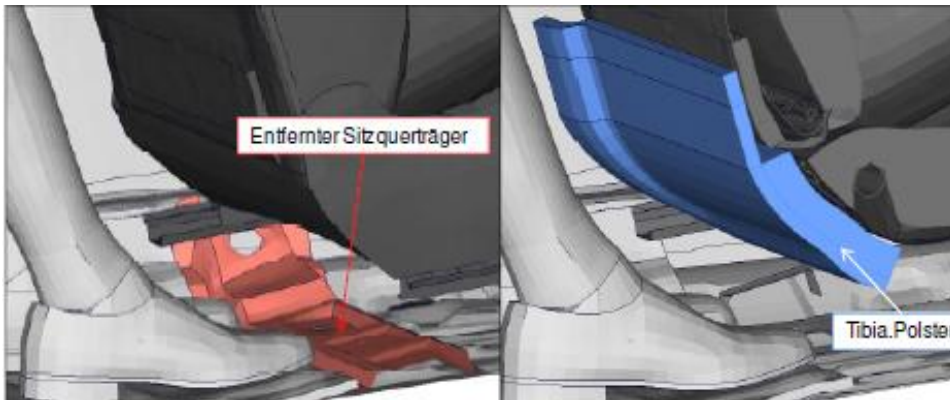
Durch ein Verhindern der Vorwärtsbewegung des Insassen beim Unfall wird vermieden, dass eine ungünstige Belastung auf Fuß und Bein einwirkt.

- Knie-Airbag
- Gurtstraffer

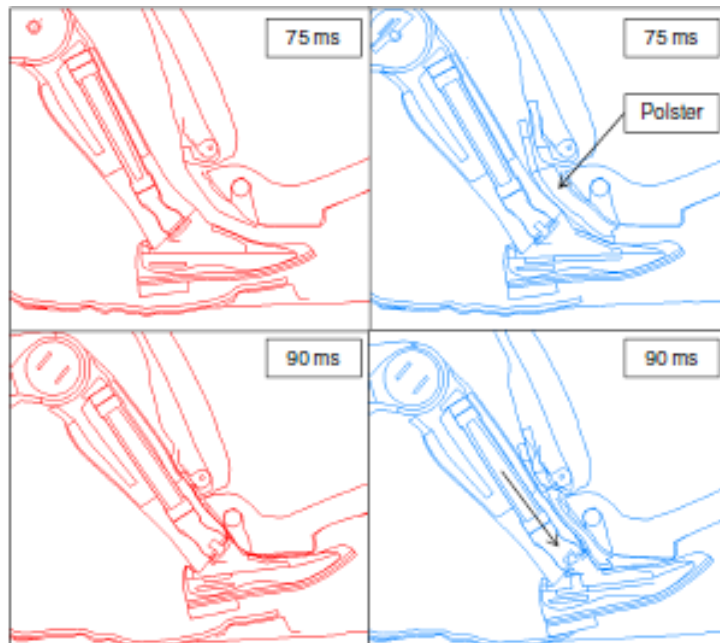


- **Sitzrampe / Antisubmarining**
Durch die Verlagerung des Insassen beim Crash wird das Becken gegen die Rampe gedrückt und somit an der weiteren Vorwärtsbewegung gehindert.

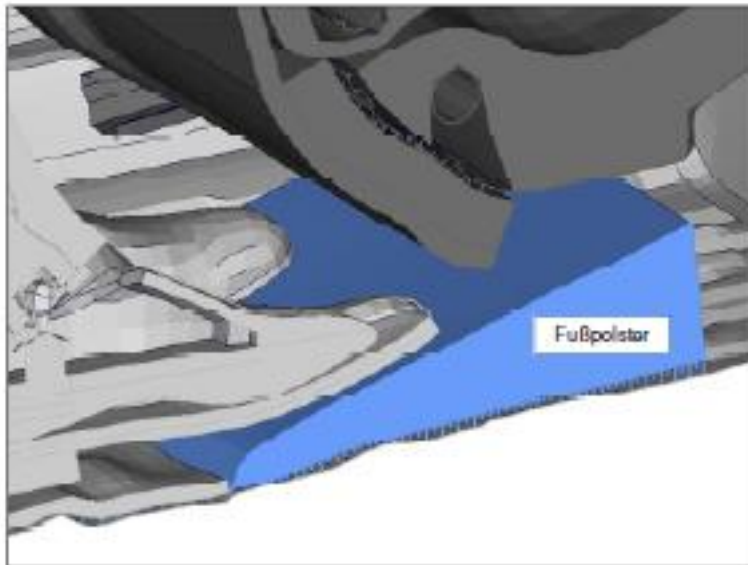
■ Tibia Polster am Vordersitz



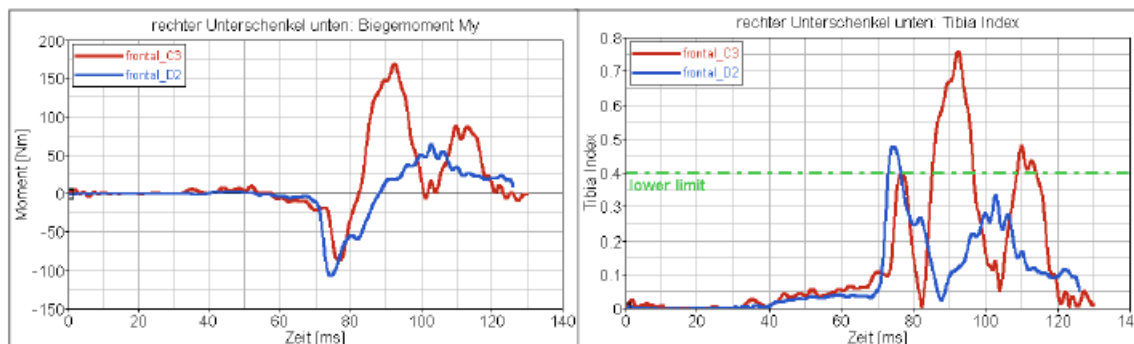
- Das Polster dämpft den Kontakt vom Schienbein und Fuß zum Sitz
- Der Kräfteintrag ist frühzeitiger, stumpfer und wesentlich geringer
- Das Bein gleitet frühzeitig schräg nach unten, wodurch der nachfolgende Kontakt mit dem Boden geringer ausfällt.



■ Fußpolster in Keilform



- Das Fußpolster sorgt mit der Kontaktreibung zum Fuß für die notwendige Bremswirkung.
- Die ansteigende Keilform führt den Fuß früher in Kontakt mit dem Tibia Polster, was den Bremseffekt zusätzlich verstärkt.
- Der Fuß bleibt weiter zurück und sorgt somit für eine andere Fußstellung.
- Das Bein koppelt senkrechter an den Vordersitz an und reduziert somit die Belastung



Rot: ohne Fußpolster

Blau: mit Fußpolster

■ X-by-wire



Bild: BMW

„X-by-wire“ bedeutet den Ersatz von bisherigen mechanischen Systemen durch elektronische. Elektrische Kabel, die von einem elektronischen Steuersystem erzeugte Daten übertragen, treten an die Stelle der herkömmlichen mechanischen und hydraulischen Verbindungssysteme. Zu diesen Systemen gehören unter anderem Funktionen wie:

- Brake-by-wire → Bremse
- Shift-by-wire → Kupplung
- Throttle-by-wire → Gas/Motor
- Steer-by-wire → Lenkung

■ X-by-wire



Bild: Mercedes Benz



Bild: BMW

Die technischen Herausforderungen (z.B. Homologation für Bremse bzw. Lenkung) und psychologischen Hürden bei den Nutzern, die ein Entfall der herkömmlichen Systeme mit sich bringt bedingen, dass es auf absehbare Zeit ein Nebeneinander von mechanischen und By-Wire-Systemen geben wird.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

