

# Strukturverbesserungen für den seitlichen Pfahlaufprall

## *Structure improvements concerning side-on pole impact*

Dipl.-Ing. M. Bröckerhoff, Prof. Dr.-Ing. H. Wallentowitz  
ika - Institut für Kraftfahrwesen Aachen

Dipl.-Ing. C. Abratis  
IBF - Institut für Bildsame Formgebung der RWTH Aachen

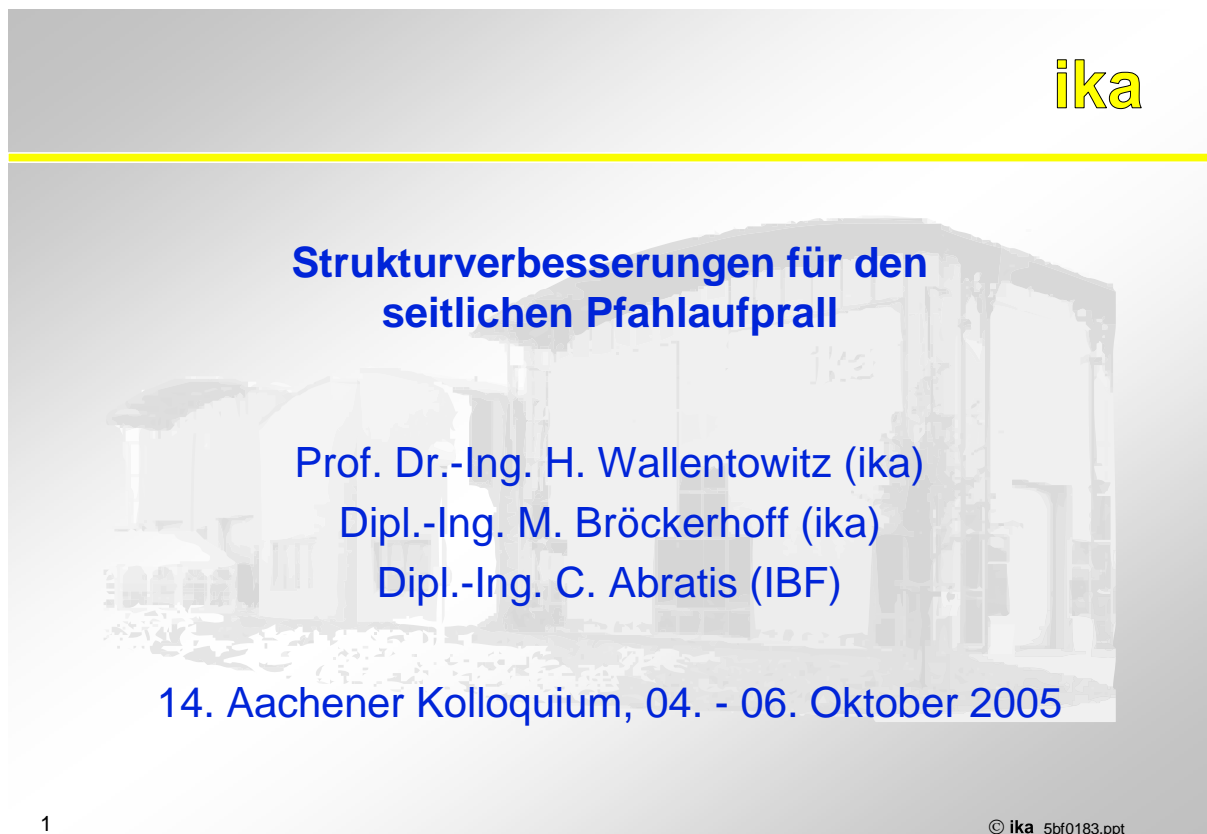
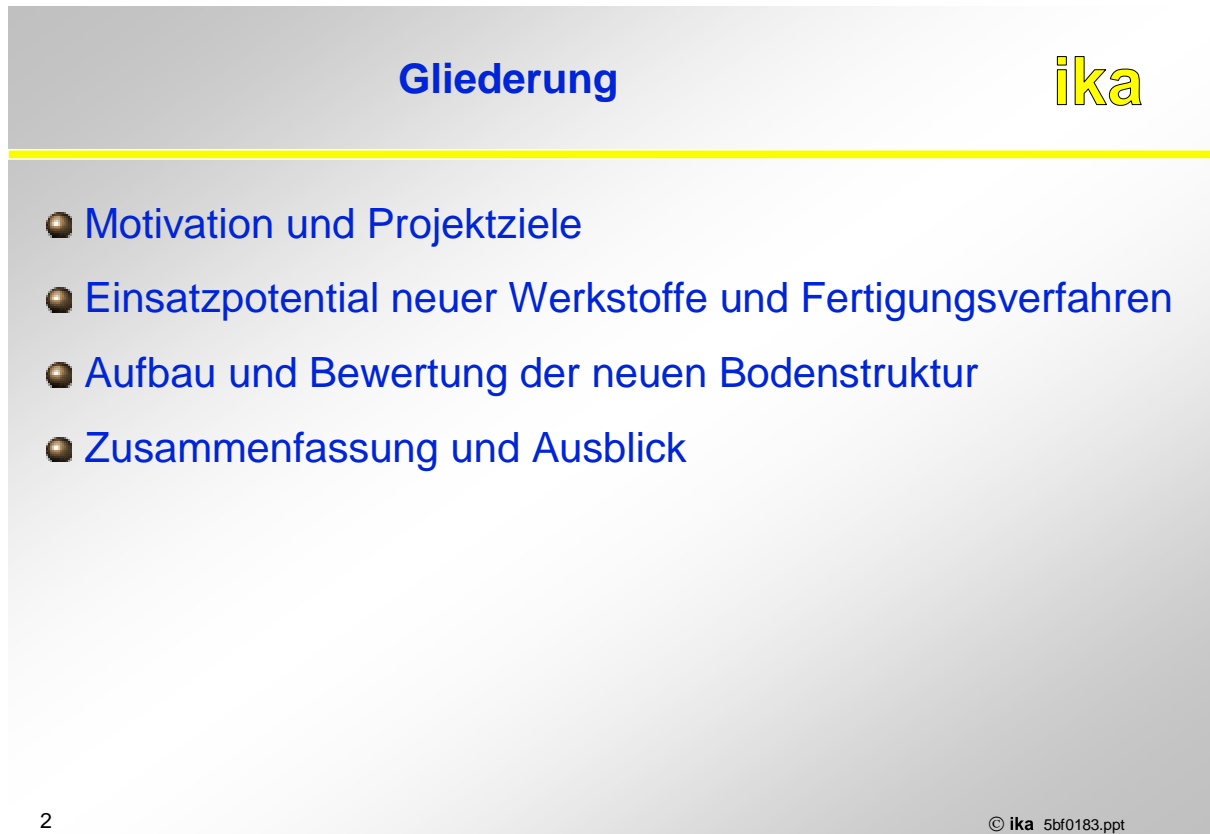


Abb. 1

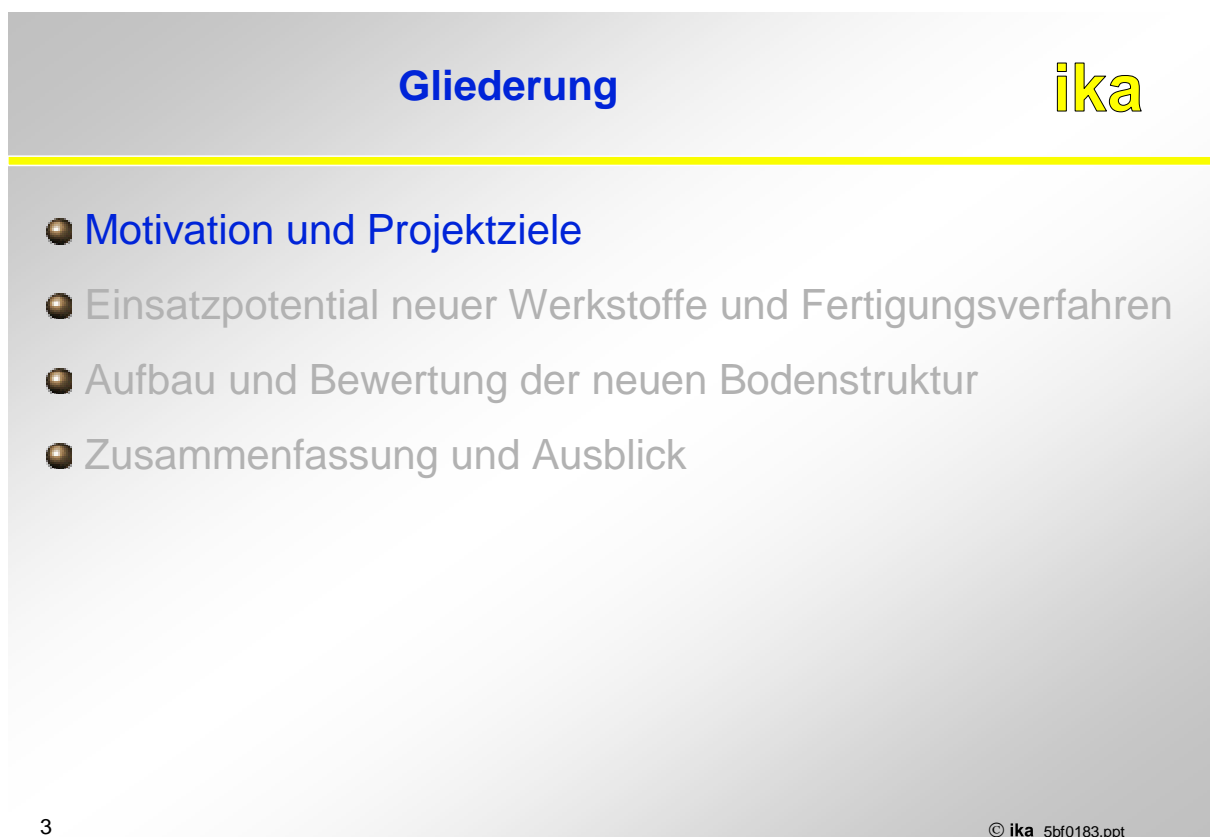


**Gliederung** **ika**

- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

2 © ika 5bf0183.ppt

Abb. 2



**Gliederung** **ika**

- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

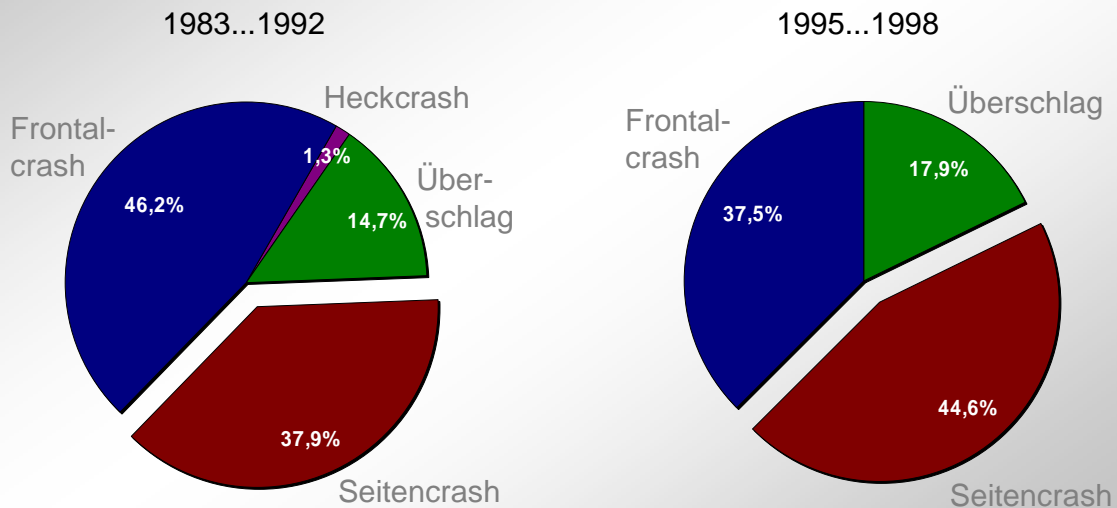
3 © ika 5bf0183.ppt

Abb. 3

## Zunehmende Bedeutung des Seitencrashes



### Kollisionsarten bei Unfällen mit getöteten Frontinsassen



4 [BER99]

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 4

## Unfall- und Verletzungshäufigkeit beim Seitenaufprall



		Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen			
Unfallhäufigkeit:		2,3%	11,0%	6,1%	1,7%
Verletzungshäufigkeit:		1,2%	19,7%	7,0%	1,5%

		Fahrzeug-Hindernis-Kollisionen		
Unfallhäufigkeit:		5,2 %	24,1 %	3,0 %
Verletzungshäufigkeit:		4,9 %	34,1 %	0,5 %

5 [OTT98]

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 5

## Projektbeschreibung

ika

---



Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

<b>RWTH</b>	 Institut für Kraftfahrwesen Aachen	 Institut für Bildsamer Formgebung	
<b>Industrie</b>	 Muhr und Bender KG	 ThyssenKrupp Stahl AG	 Volkswagen AG

**Ziel:** Entwicklung einer innovativen PKW-Bodenstruktur in Stahlblech-Leichtbauweise mit verbessertem Seitencrashverhalten

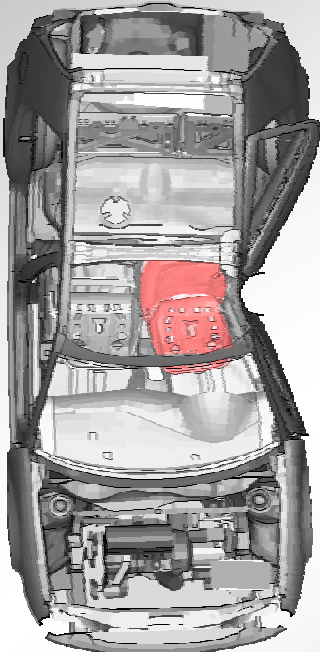
© ika 5bf0183.ppt

Abb. 6

## Projektziele

ika

---



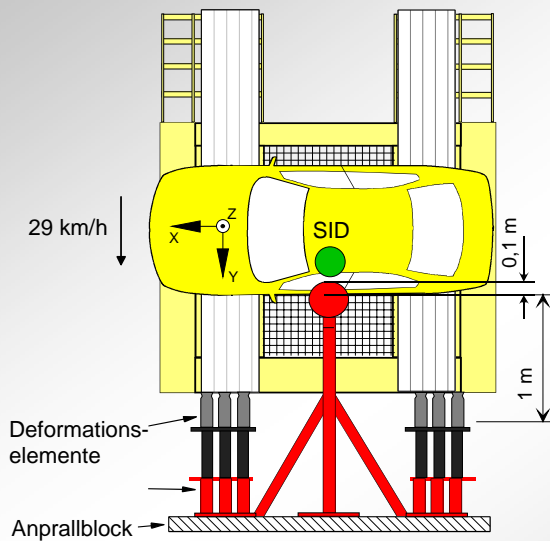
1. Erhaltung eines ausreichenden Überlebensraumes
2. Homogene Intrusionstiefe über der gesamten Fahrzeuglänge  
→ Großflächige Einleitung der Crashenergie in die Fahrzeugkarosserie über die Bodengruppe
3. Kompromiss zwischen notwendiger Steifigkeit und hinreichender Nachgiebigkeit
4. Anwendung innovativer Stahlleichtbaukonzepte

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 7

## Konfiguration nach Euro-NCAP

ika



- Pfahldurchmesser:  $254 \pm 3$  mm (Telegrafmast)
- Aufprallgeschwindigkeit:  $29 \pm 0,5$  km/h  
Schlitten wird mit Hilfe von Deformationselementen abgebremst
- Reibpaarung: Teflon (Stahl, Schmirgelleinen)
- Aufprallstelle: Kopfschwerpunkt in festgelegter Sitzposition
- Testpuppe auf Aufprallseite: EURO-SID-Dummy



Euro-NCAP-Test lehnt sich stark an amerikanische FMVSS 201 an.

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 8

## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- **Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren**
  - Neues Werkstoffkonzept für bestehende Fahrzeugstruktur
  - Flächige Halbzeuge für den Bodenbereich
  - Neue Fertigungsverfahren für das Schwellerprofil
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

9

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 9

## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- **Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren**
  - Neues Werkstoffkonzept für bestehende Fahrzeugstruktur
  - Flächige Halbzeuge für den Bodenbereich
  - Neue Fertigungsverfahren für das Schwellerprofil
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

10

© ika 5bf0183.ppt

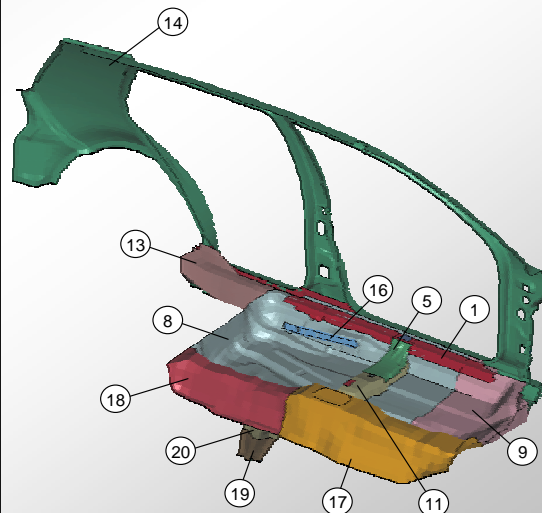
Abb. 10

## Neues Werkstoffkonzept

ika

	Bauteil	PRIO	t / mm	Mat. alt	Mat. neu
1	Montageblech Schweller	2	0,50	Dx52D	-
2	Schottteil Schweller vorne	3	1,00	Dx52D	-
3	Verst. Stegblech Schweller	2	1,00	Dx52D	PM-K60/80
4	Verst. Montageblech Schweller	3	1,25	ZStE340	-
5	Verst. Sitzquerträger	2	2,00	ZStE340	CP-W 800
6	Schottblech Schweller	2-3	1,50	Dx52D	DP-K30/ 50
7	Einsatzteil Schweller hinten	3	2,00	Dx52D	CP-W 800
8	Boden vorne II	1	0,70	Dx53D	RA-K 40/ 70
9	Boden vorne I	3	1,20	Dx53D	RA-K 40/ 70
10	Abdeckblech Boden vorne	2	0,75	Dx52D	PM-K 60/80
11	Sitzquerträger	2	0,90	Dx52D	DP-K 34/60
12	Aufnahme Führungsbock	3	1,75	Dx52D	-
13	Trägerblech hinten	2	1,20	Dx52D	DP-K 34/ 60
14	Seitenteil außen	1-2	0,75	Dx52D	H 220 Y
15	Stegblech Schweller	2-3	0,80	Dx52D	PM-K 60/80
16	Sitzschiene	1	1,75	Dx52D	MS-W 1200
17	Tunnel I	3	1,50	Dx53D	RA-K 40/ 70
18	Tunnel II	2	1,50	Dx53D	RA-K 40/ 70
19	Tunnelbrücke I	2-3	1,25	Dx52D	DP-K 34/ 60
20	Tunnelbrücke II	2-3	1,75	Dx52D	DP-K 34/ 60
21	Tunnelbrücke III	2-3	1,25	Dx52D	DP-K 34/ 60
22	Anbindung Verst. B-Säule	1	2,50	ZStE340	MS-W 1200

Neues Materialkonzept für bestehendes Modell:



Beibehaltung der Bauteildicken!  
 Prioritätsbewertung nur hinsichtlich Pfahlaufprall!

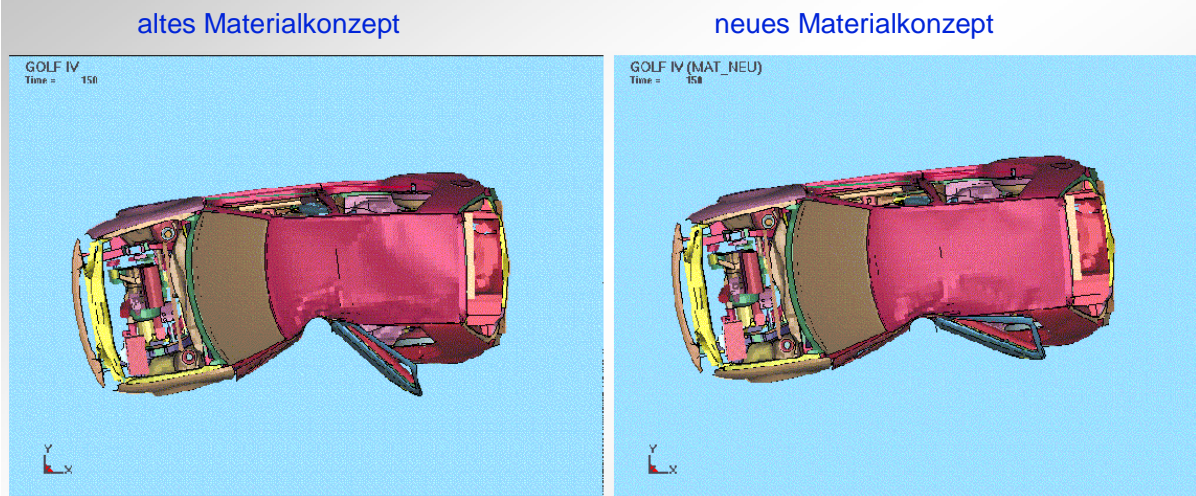
11

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 11

## Vergleich der Materialkonzepte

ika



**Fazit:** Mit dem überarbeiteten Stahlkonzept konnte die max. Intrusion in die Fahrgastzelle um ca. 13% reduziert werden. Dabei fand eine reine Materialsubstitution unter Beibehaltung der bisherigen Blechdicken statt.

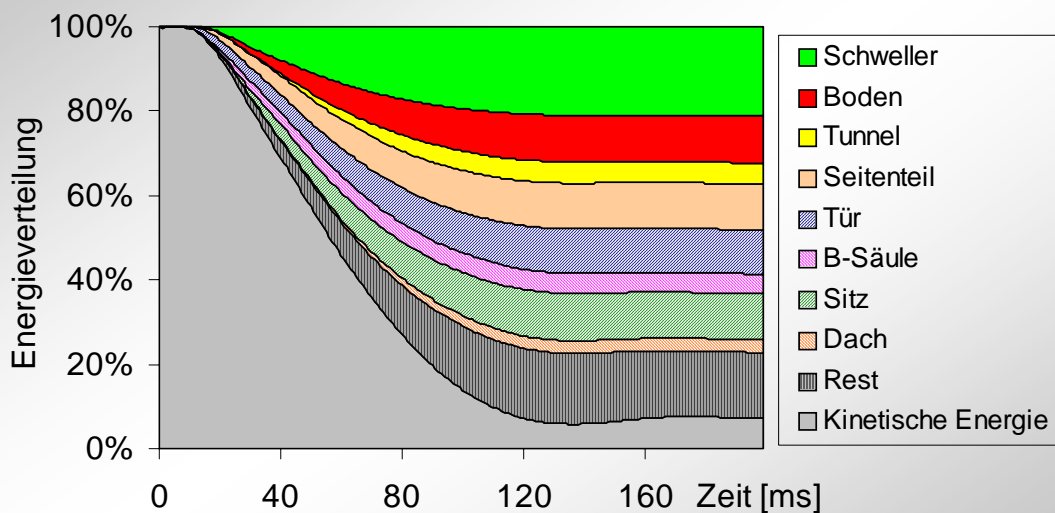
12

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 12

## Energiewandlung beim Pfahlaufprall

ika



Auf Schweller und Boden entfallen ca. 35% der gesamten Deformationsenergie.

13

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 13



## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- **Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren**
  - Neues Werkstoffkonzept für bestehende Fahrzeugstruktur
  - **Flächige Halbzeuge für den Bodenbereich**
  - Neue Fertigungsverfahren für das Schwellerprofil
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

14

© ika 5bf0183.ppt

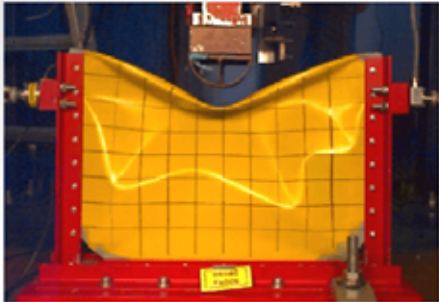
Abb. 14

## Vergleich der Blechvarianten

ika

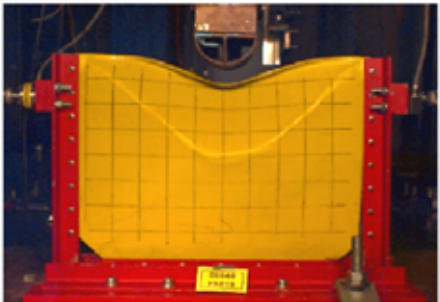
(1) Vollblech, DC04 - 0,7mm (m = 1360g)

Fk006  
Deformation:  
 max.: 133 mm  
 pl.: 113 mm



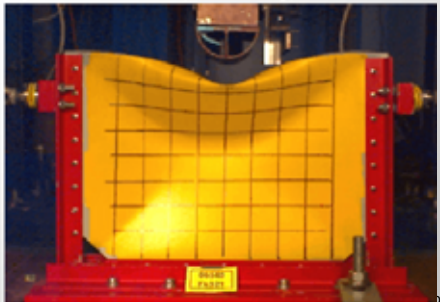
(2) SD3 (m = 1250 g)

Fk019  
Deformation:  
 max.: 119 mm  
 pl.: 67 mm



(3) Kunststoff-SW (m = 1207g)

Fk021  
Deformation:  
 max.: 92 mm  
 pl.: 67 mm



15

bf0183.ppt

Abb. 15



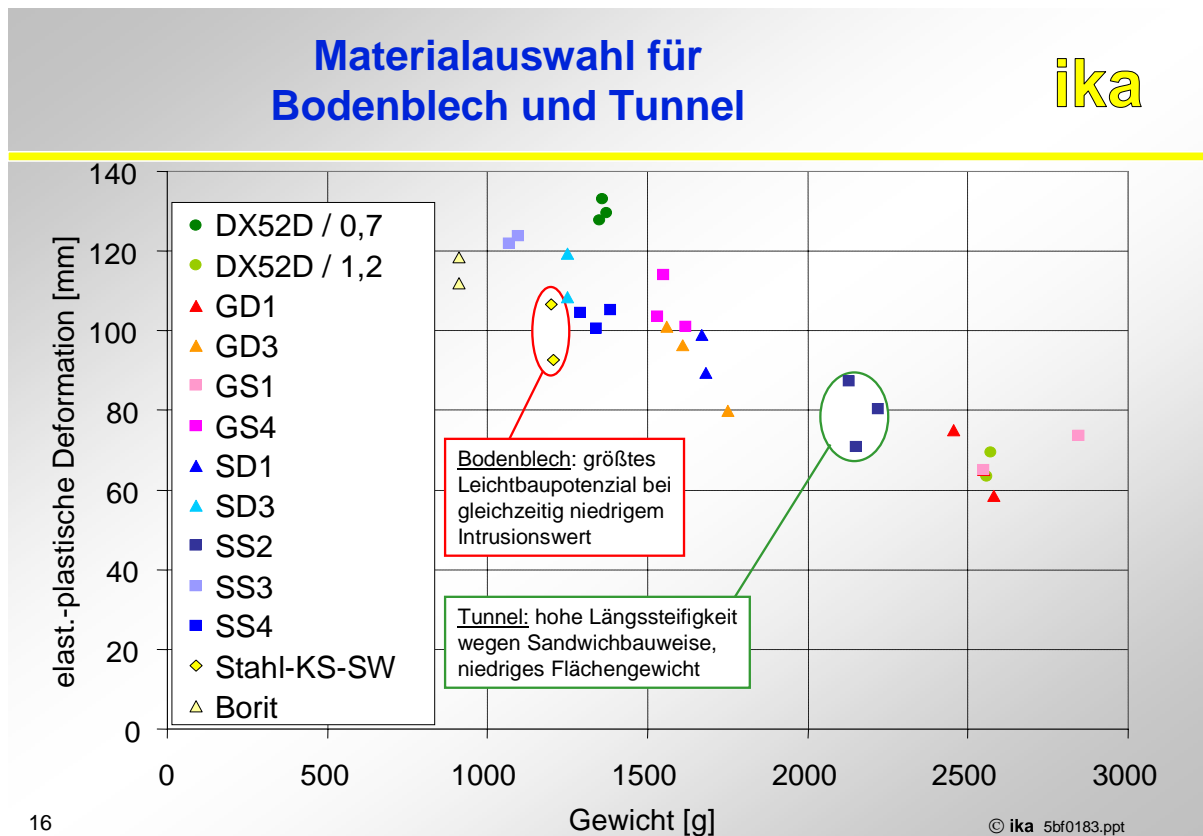


Abb. 16

### Gliederung

**ika**

- Motivation und Projektziele
- **Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren**
  - Neues Werkstoffkonzept für bestehende Fahrzeugstruktur
  - Flächige Halbzeuge für den Bodenbereich
  - **Neue Fertigungsverfahren für das Schwellerprofil**
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

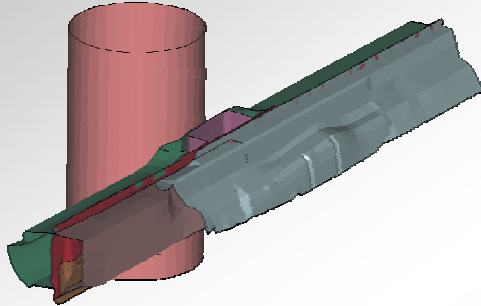
17 © ika 5bf0183.ppt

Abb. 17

## Schalenbauweise – Profilbauweise

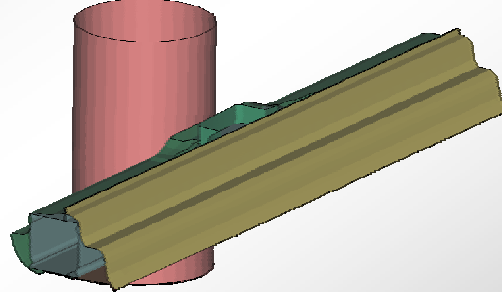
ika

### herkömmliche Schalenbauweise



- + komplexe Formgebung möglich  
(z.B. veränderliche Querschnitte über der Länge)
- + lokale Verstärkungen möglich  
→ Anpassung an Lastfall
- große Teileanzahl
- viele Fügstellen

### Profilbauweise



- + geringe Teileanzahl
- + weniger Fügstellen
- + kostengünstige Herstellung („Meterware“)
- + Einsatz höher-/höchster Werkstoffe aufgrund einfacher Formgebung möglich
- konstante Steifigkeit über der Länge
- für belastungsangepasste Auslegung besondere Herstellungsverfahren notwendig

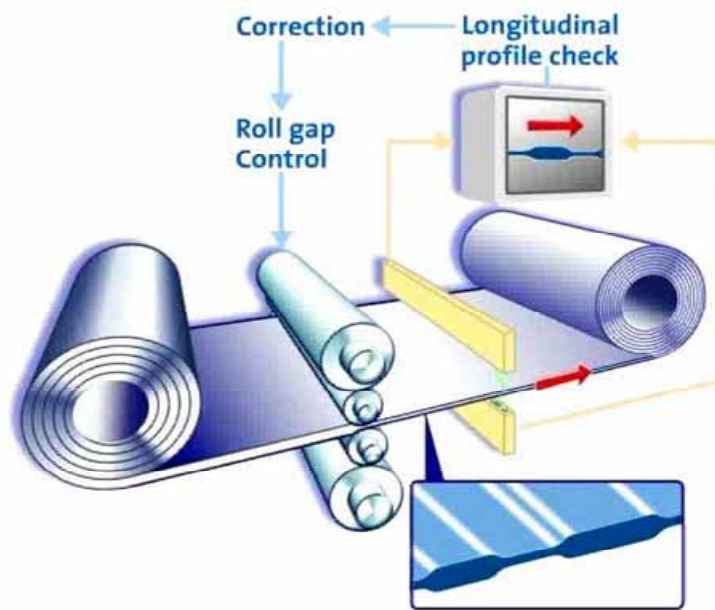
18

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 18

## Flexibles Walzen

ika



19 [MUBEA]

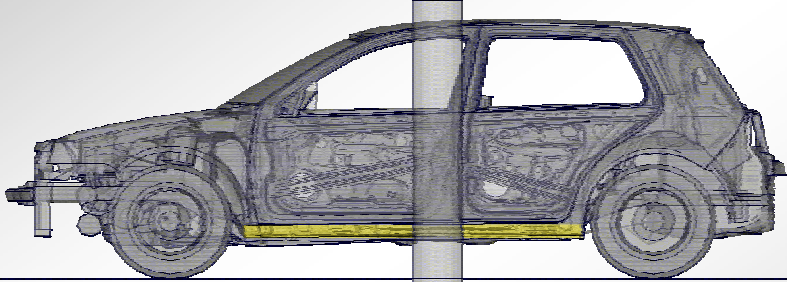
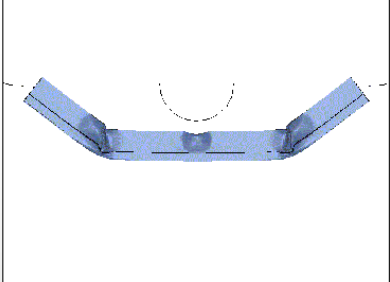
© ika 5bf0183.ppt

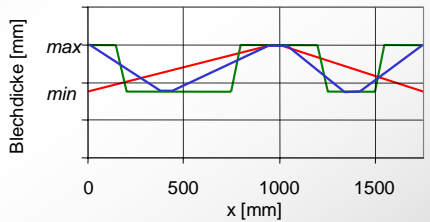
Abb. 19

## Flexibel gewalzte Profile (Anforderungen)

**ika**

- ▶ Aufdickung im Bereich der Anbindungspunkte (A-, B-, C-Säule)
- ▶ Aufdickung im Pfahlaufprallbereich
- ▶ möglichst gewichtsneutral oder leichter als konstant dickes Vergleichsprofil
- ▶ Ausnutzung des maximalen Leichtbaupotentials (Dickenabnahme von 50%)



Blechedicke [mm]

x [mm]

idealer Verlauf für statischen Lastfall

Verlauf mit Berücksichtigung der Anbindungspunkte A-, B-, C-Säule

Verlauf mit geringeren Steifigkeitssprüngen

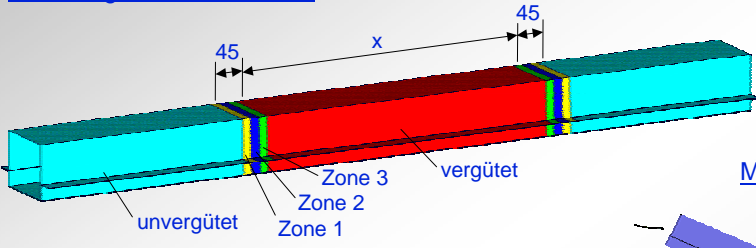
20 © ika 5bf0183.ppt

Abb. 20

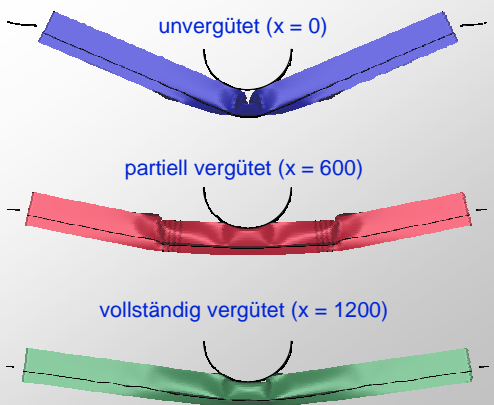
## Partielle Vergütung

**ika**

Abbildung in der Simulation:



Maximale Deformation:



- insgesamt 5 Zonen unterschiedlicher Materialeigenschaften definiert
- Übergangsbereich: ca. 40-50 mm
- Belastungsangepasstes Verhalten nur mit partieller Vergütung möglich

21 © ika 5bf0183.ppt

Abb. 21

## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- **Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur**
  - **Aufbau**
  - Bewertung im Submodell
  - Bewertung im Gesamtmodell
- Zusammenfassung und Ausblick

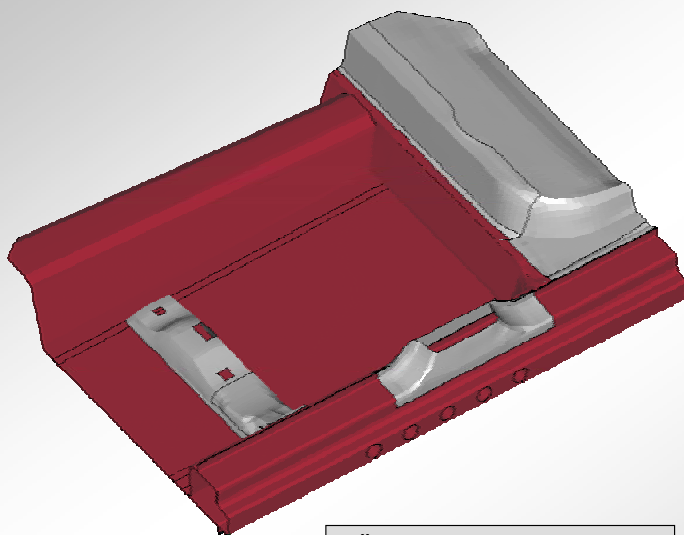
22

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 22

## Aufbau der neuen Bodenstruktur (I)

ika



Übernahme aus Golf IV

Neuteile

- **Schweller:** flexibel gewalztes Profil mit integrierten Deformationselementen  
Werkstoff: 22MnB5  
Vergütungsbreite: 400 mm
- **Boden:** Stahl-Kunststoff-Sandwichblech,  
 $t = 1,30 \text{ mm}$
- **Tunnel:** Gitterblech mit Streckmetall-Zwischenschicht,  
 $t_{\text{ges}} = 1,60 \text{ mm}$   
Flächengewicht:  $7,1 \text{ kg/m}^2$

23

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 23

## Gliederung

**ika**

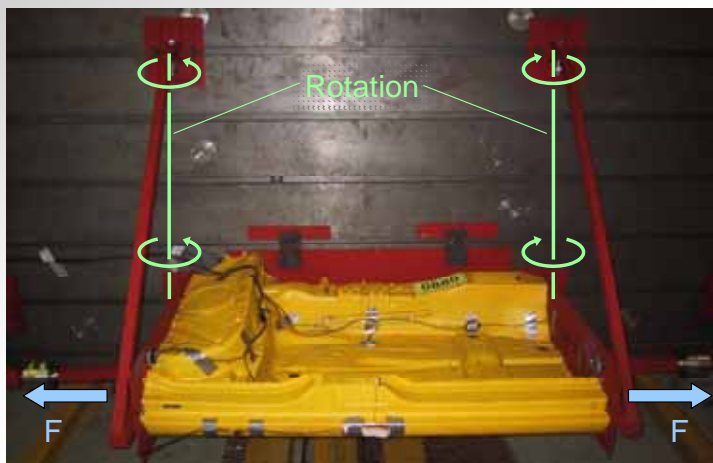
- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- **Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur**
  - Aufbau
  - **Bewertung im Submodell**
  - Bewertung im Gesamtmodell
- Zusammenfassung und Ausblick

24

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 24

## Versuchsaufbau (I)

**ika**

- Rotatorischer Freiheitsgrad mit Hilfe zweier Drehgelenke
- Aufbringen der Längskräfte über zwei Spannvorrichtungen ( $F_{\max} = 15 \text{ kN}$ )

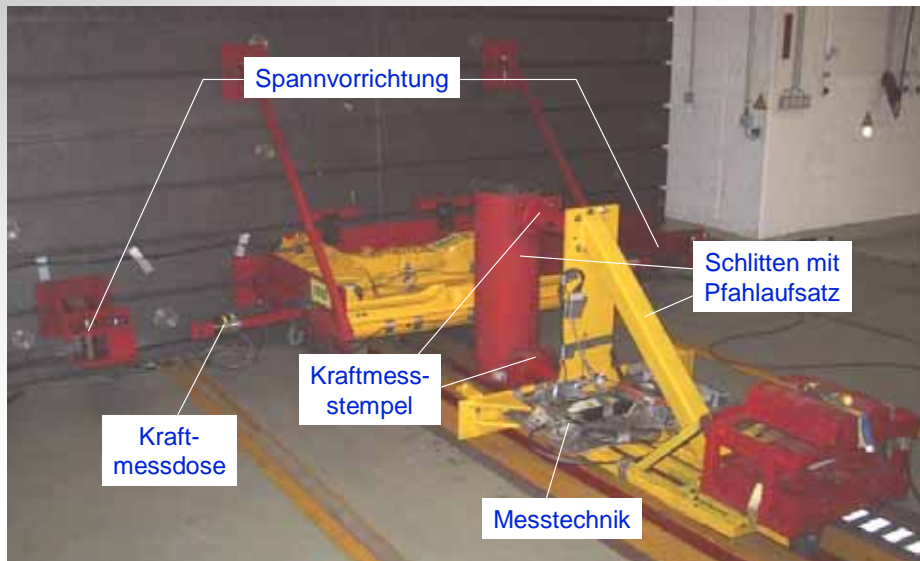
25

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 25

## Versuchsaufbau (II)

ika



Versuchskonfiguration „pole-to-car“

26

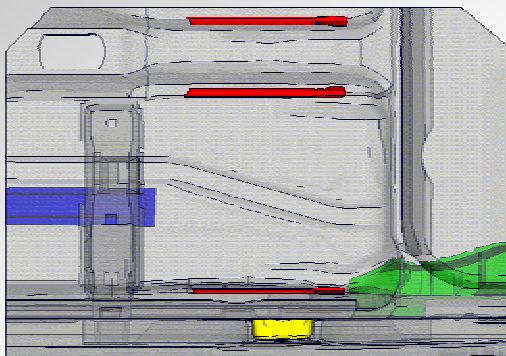
© ika 5bf0183.ppt

Abb. 26

## Gewichtsbilanz der alten und neuen Bodenstruktur

ika

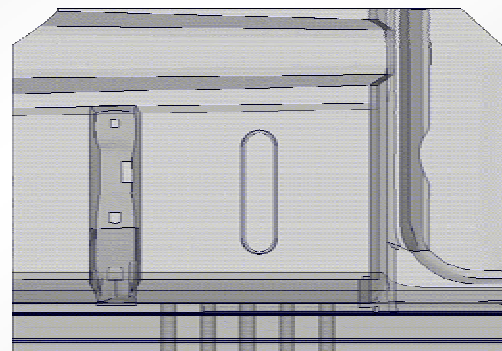
### alte Bodenstruktur



Crashgewicht:	31,20 kg
LT vorne:	0,56 kg
LT hinten:	2,16 kg
Sitzschienen:	2,02 kg
Anbindung B-Säule:	0,76 kg

**Nettogewicht: 25,70 kg**

### neue Bodenstruktur



**Nettogewicht: 24,49 kg**

**Differenz:  $\Delta m = -1,21$  kg**

27

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 27



## Crashversuche der alten und neuen Bodenstruktur

ika

alte Bodenstruktur



neue Bodenstruktur

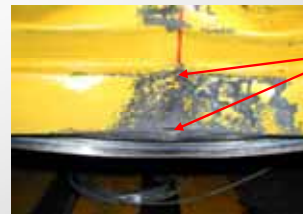


Versuch (Simulation)

alte Bodenstruktur: 305 mm (298 mm)

neue Bodenstruktur: 158 mm (166 mm)

Differenz: 147 mm (48%)



kleine Risse im Aufprallbereich der neuen Struktur, jedoch kein vollständiges Versagen

28

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 28

## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- **Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur**
  - Aufbau
  - Bewertung im Submodell
  - **Bewertung im Gesamtmodell**
- Zusammenfassung und Ausblick

29

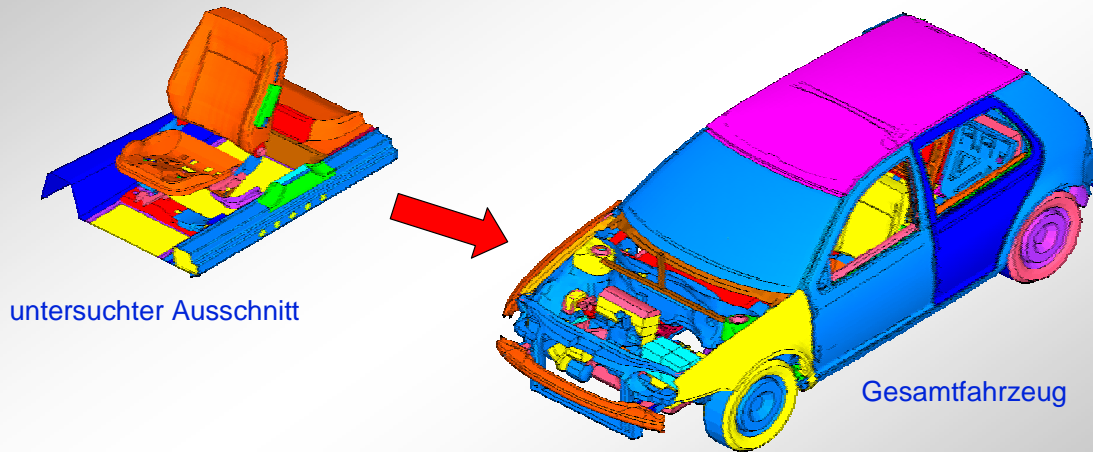
© ika 5bf0183.ppt

Abb. 29



## Integration in das Gesamtfahrzeug

ika



- Aufgabe:
- Einbau des untersuchten Verbundes aus Schweller, Boden und Tunnel in die bestehende Fahrzeugstruktur
  - Bewertung im Vergleich zur alten Fahrzeugstruktur

30

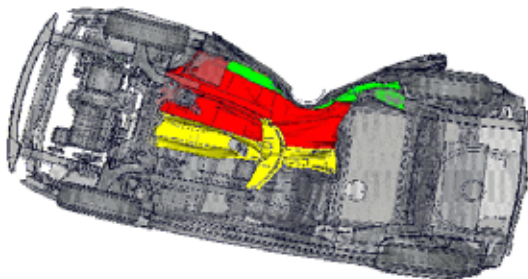
© ika 5bf0183.ppt

Abb. 30

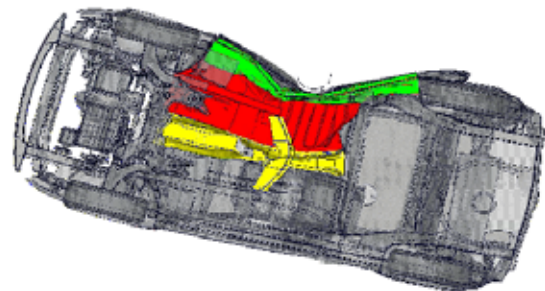
## Vergleich des Deformations-verhaltens im Gesamtfahrzeug

ika

alte Bodenstruktur



neue Bodenstruktur



- biegeweicher Schweller
- Begünstigung der Verformung durch Längssicken im Bodenblech
- große Intrusion in den Überlebensraum
- lokal begrenzte Deformation in der Nähe des Aufprallpunktes

- sehr biegesteifer Schweller
- keine lokale Intrusion
- großflächige Verteilung der Deformationsenergie
- Erhaltung eines erheblich größeren Überlebensraumes

Abb. 31

## Quantitative Bewertung des Deformationsverhaltens

ika

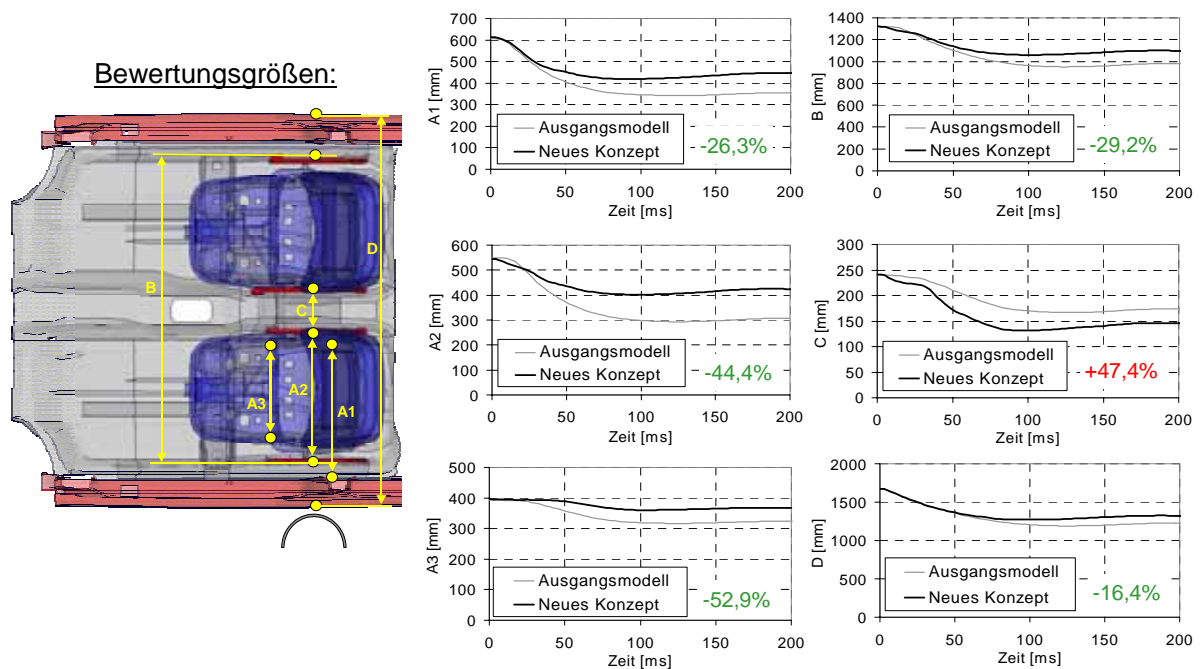


Abb. 32

## Gliederung

ika

- Motivation und Projektziele
- Einsatzpotential neuer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- Aufbau und Bewertung der neuen Bodenstruktur
- Zusammenfassung und Ausblick

Abb. 33

## Zusammenfassung

ika

- Sowohl im Komponententest als auch beim Gesamtfahrzeugcrash wird bei gewichtsneutraler Auslegung eine erhebliche Verbesserung des Deformationsverhaltens im Vergleich zum Ausgangsmodell erzielt.
- Die Verwendung von Sandwichblechen im Boden trägt in verhältnismäßig geringem Maße zur Verbesserung der Crashperformance bei, weist jedoch deutlich höhere Kosten als herkömmliche Ausführungen von Tailor Welded Blanks auf.
- Im Gegensatz dazu zeigt vor allem die belastungsangepasste Schwellerkonstruktion in Profilbauweise im Crashfall erhebliche Vorteile gegenüber der üblichen Schalenbauweise. Mit der gewählten Konstruktion wird zudem eine Reduktion von ehemals 10 Einzelteilen auf nunmehr drei Profilschalen erreicht.
- Crashseitig werden die wesentlichen Forderungen nach einer großflächigen Energieverteilung und der Erhaltung eines deutlich größeren Überlebensraumes vollständig erfüllt.

34

© ika 5bf0183.ppt

Abb. 34