

# Umformen von Mehrschichtverbunden/ Sandwichen

M. Pichler (4a manufacturing GmbH),  
P. Reithofer (4a engineering GmbH)



29.10.2010 Infotag Umformen

**Vorstellung 4a-Gruppe**

**Textilverbunde**

**Erfolgsstory „Handylautsprecher“**

**Potential der Mehrschichtverbunde**

**Wirtschaftlichkeit**

**Umformen**

**Beispiele**

**Zusammenfassung**

# 4a

TECHNOLOGY  
GmbH

.. in physics we trust

# 4a

ENGINEERING  
GmbH

# 4a

MANUFACTURING  
GmbH

# 4a

MEDICOM  
GmbH



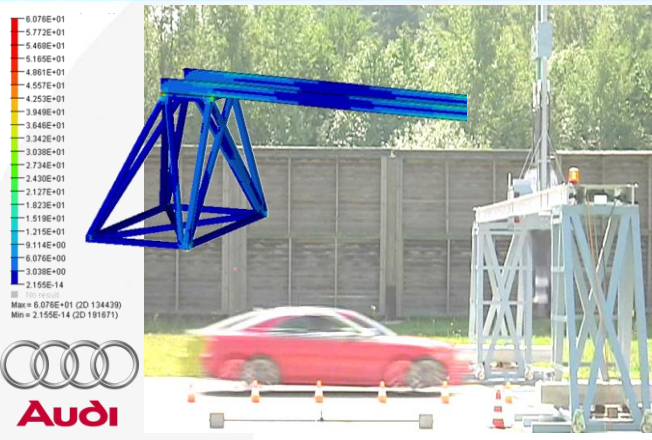
**DYNA**  
MORE



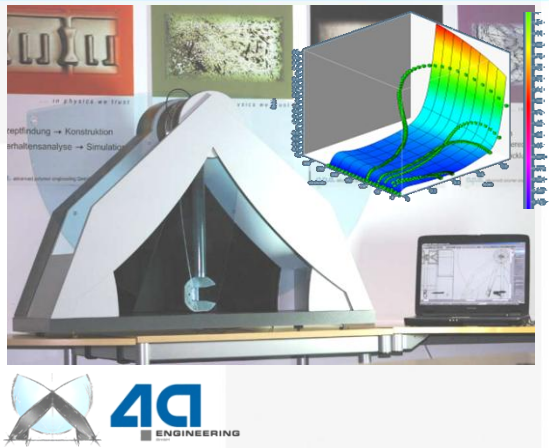
- **Gründungsjahr 2002**
- **F&E - Dienstleistung**
- **15 bis 20 Kernkunden**
- **bisher mehr als 500 Projekte**
  - 45% Automotive
  - 15% Luft- und Raumfahrt
  - 15% Maschinenbau
  - 10% Medizintechnik
  - 15% Consumer goods
- **Kernkompetenzen**
  - Kunststoff- und Werkstoffwissenschaften
  - Numerische Simulationsmethoden
  - Leichtbau und Faserverbundwerkstoffe
  - Methodenentwicklungskompetenz



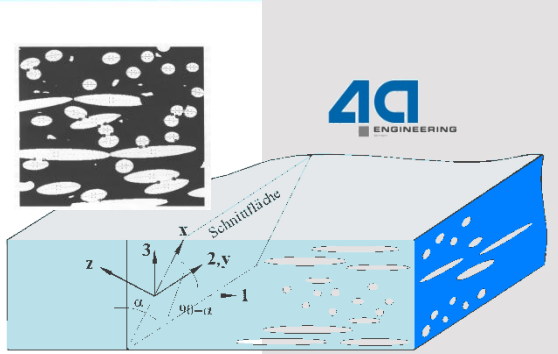
- **Gründungsjahr 2004**
- **Halbzeuglieferant für Handylautsprecher (> 500 Millionen Stück, 15% Marktanteil)**
- **Fertigung Verbundwerkstoffe**
  - 95% Consumer goods
  - 5% Automotive
- **Kernkompetenzen**
  - Fertigung von Mehrschichtverbunden mit speziellen Eigenschaften
  - Entwicklung von neuen Materialverbunden
  - Aufbau neuartiger Fertigungsverfahren
  - Herstellung von Prototypen, 0-Serien bis zur Serienproduktion



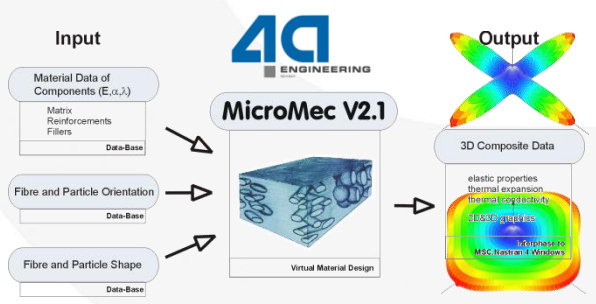
**GFK - Prüfstand**  
 Entwickelt – Gebaut - Geliefert  
 60 g Beschleunigung eines FG - Dummies  
 BxTxH 14 x 3 x 6 m → 800 kg



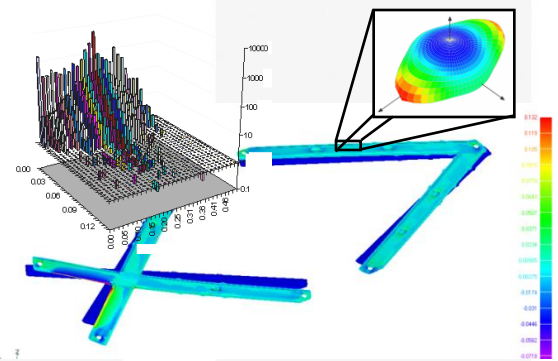
**4a Impetus**  
 Einzigartiges Pendelprüfsystem  
 Simultane numerische Simulation  
 Automatische Materialkarte (LSDyna...)



**4a Bildanalysessystem**  
 Orientierungswinkel aus Schnittellipsen  
 mehrere 1000 Fasern pro Messung  
 Ableitung von 3D Orientierungstensoren



**4a Micromec**  
 Mikromechanik Programm  
 Ermittlung der thermomechanischen Eigenschaften von Faserverbunden



**4a Fatigue - Composites**  
 Lineare Schadensakkumulation  
 Versagensgesetz nach Puck  
 Berücksichtigung der Anisotropie



**4a Fibermapping**  
 Berücksichtigung der Faserorientierung in Struktursimulation von Kurz- und Langfaser verbundwerkstoffe

MORE

### Verkleidung Vordertür

#### Ziel:

- Herstellbarkeit
- Ästhetik
- Haptik

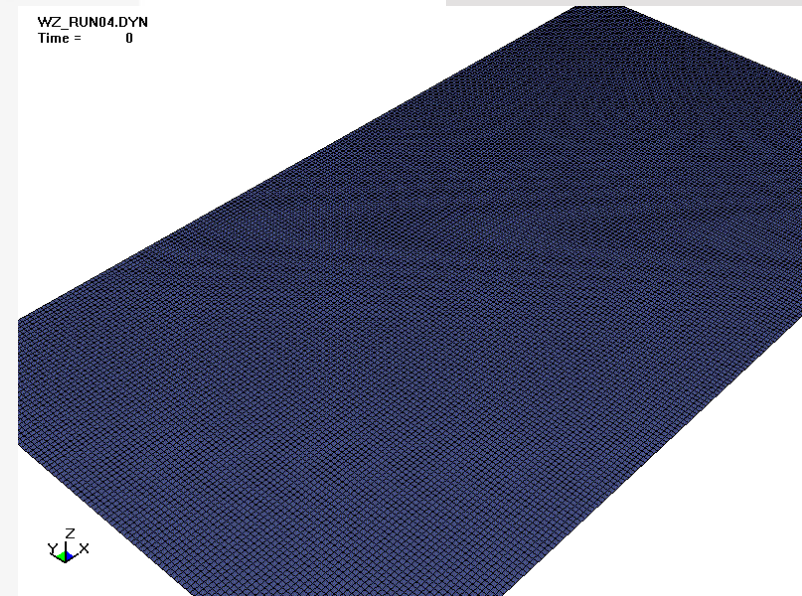
#### Technische Untersuchungen:

- Tiefziehsimulation
- Virtuelle Verstreckung
- Virtuelle Musterbildung

Mit Hilfe einer Überleitung in ein **Visualisierungssystem** gibt es eine Basis für **Designentscheidungen** mit Kunden.



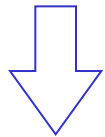
WZ\_RUN04.DYN  
Time = 0



### Hinterspritzen von Textilien

Spritzguss-  
simulation

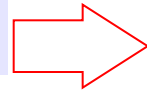
Tiefziehen  
(Form schließen)



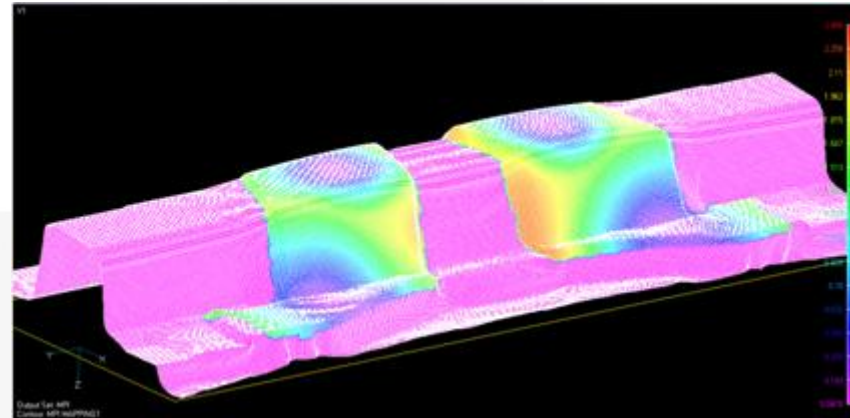
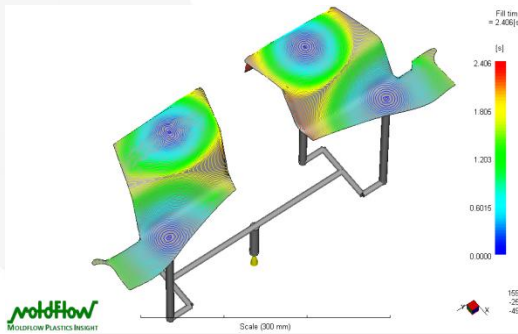
**Mapping**



Füllbild



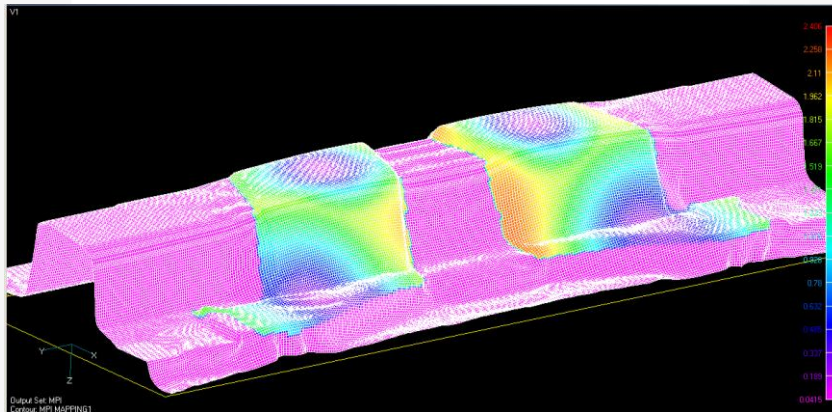
Veränderte geometrische Position  
des Textils



Umsetzung erfolgte durch dafür  
entwickelte Softwareroutinen

# Methodenentwicklungsbeispiele

## Integrative Simulation - Belastungsspezifisch

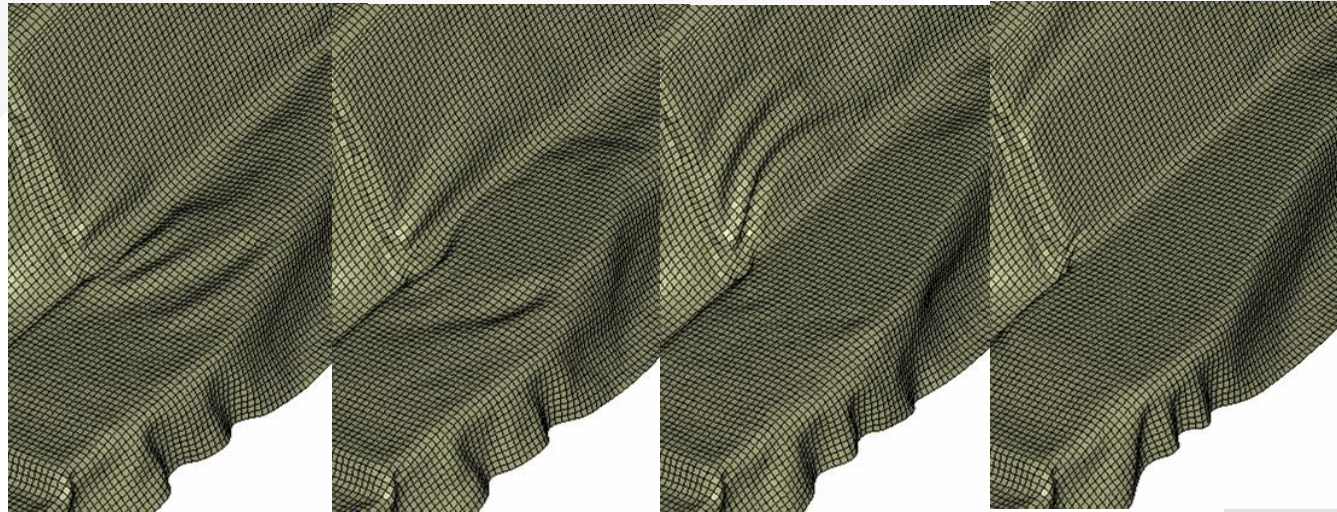
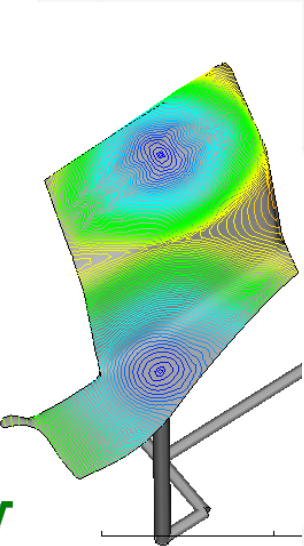


### 4a virtual back molding

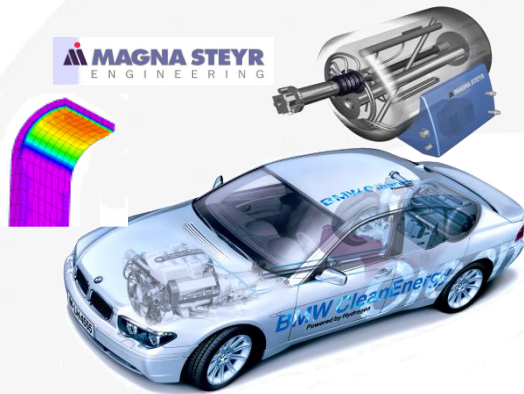
development of simulation tool of back molding process in textile applications in the field of automotive interiors → prediction of product behavior



### Fülleinfluss auf Faltenbildung im Zeitraffer



- bessere Beurteilung der **Faltenbildung**
- besseres Abbilden des Verformungsverhaltens



### LH<sub>2</sub> – Inntankaufhängung

geringer Wärmeeintrag in den Inntank  
Betriebs- und Crashlasten – geringer Platz  
Performancesteigerung 250%



### Lautsprechermembran

Hohe Steifigkeit, geringes Gewicht  
Hervorragende Klangqualität  
2007: 10% Weltmarktanteil



### Tourenschibindung

leichtesten schischuhunabhängigen  
Tourenschibindung der Welt  
Gewichtsreduktion 40% (Mitbewerb 30%)



### 4a Mehrschichtverbund

Extremes Leichtbaupotential  
20% Gewichtseinsparung gegen CFK  
70% Gewichtseinsparung gegen PP



### RTM – CFK - Domstrebe

Substitution einer Stahl-Domstrebe  
aus Stahl durch eine CFK – Lösung  
60 % Gewichtsreduktion



## ERFOLGSSTORY „HANDYLAUTSPRECHER“

- 2004 - Entwicklung einer neuen innovativen Lautsprechermembran
- Hohe Steifigkeit, geringes Gewicht
- Rechteckige Bauform für kleines Bauraumvolumen
- Hervorragende Klangqualität
- Hohes Lautstärkeniveau bei sehr geringer Baugröße
- 2009: Einsatz in ca.15% aller weltweit hergestellten Mobiltelefone



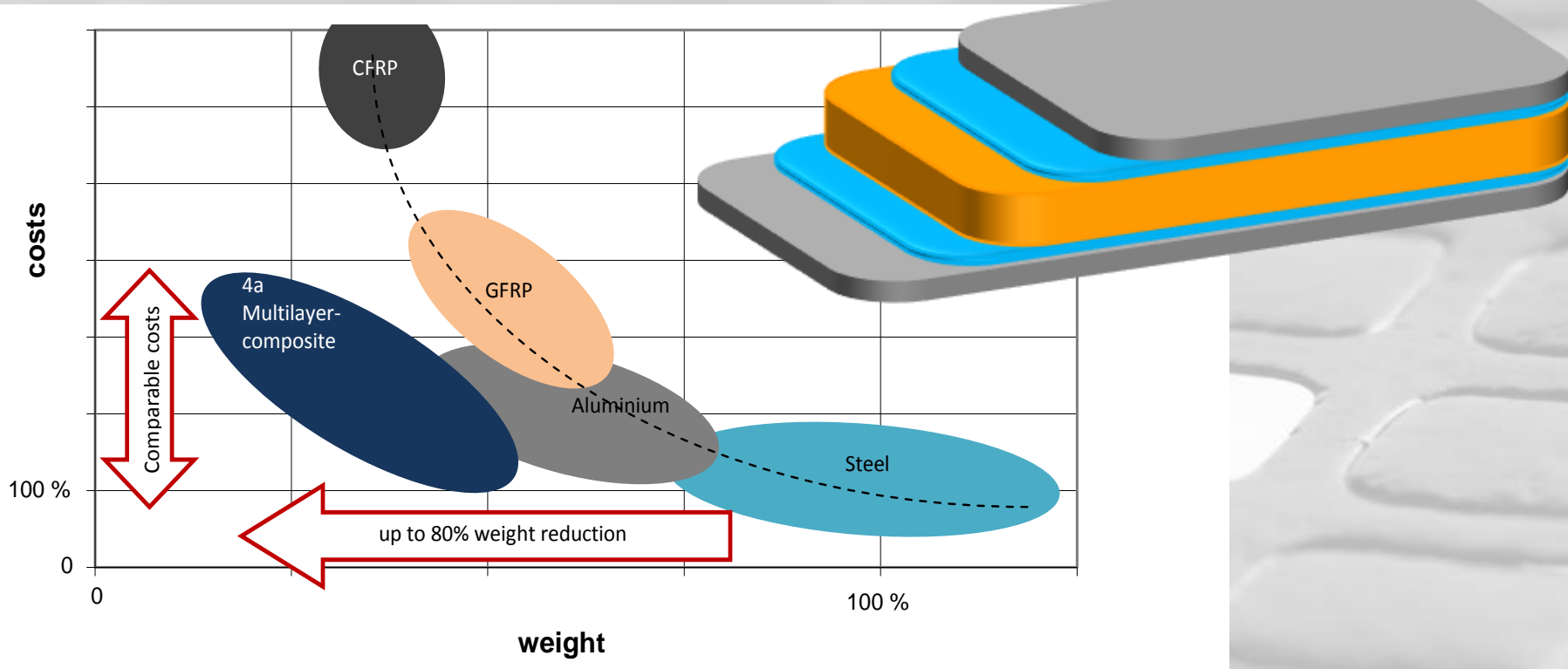
(ca. 280 Mio. Stk.)



- Hohe Steifigkeit
- Niedriges Gewicht
- Dämpfungseigenschaften
- Wirtschaftliche Herstellung

$$(EI)_{ges} = \sum (E_i \cdot I_i)$$

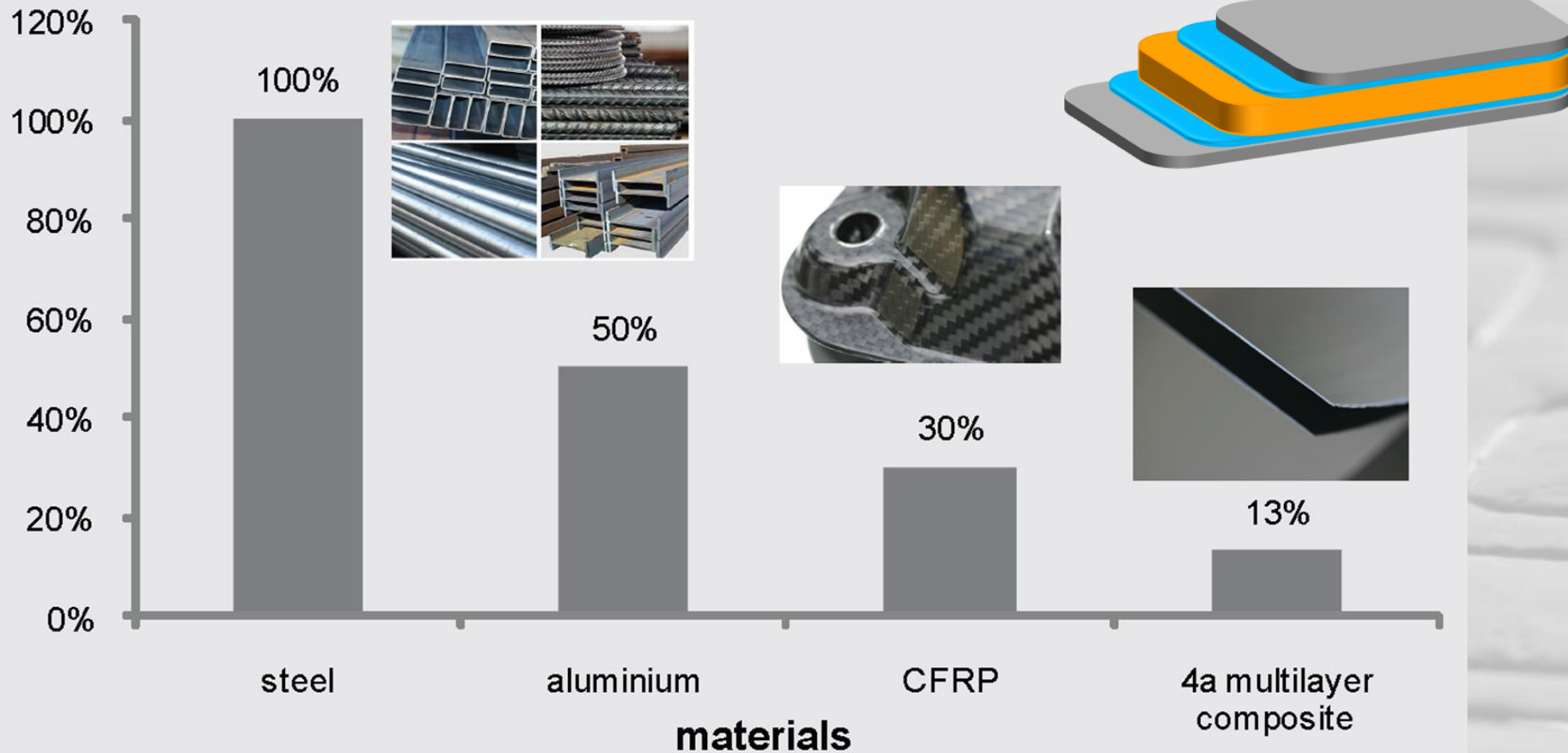
$$(EI)_{ges} = \sum \left( E_i \cdot \left( \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} + b_i \cdot h_i \cdot y_i^2 \right) \right)$$

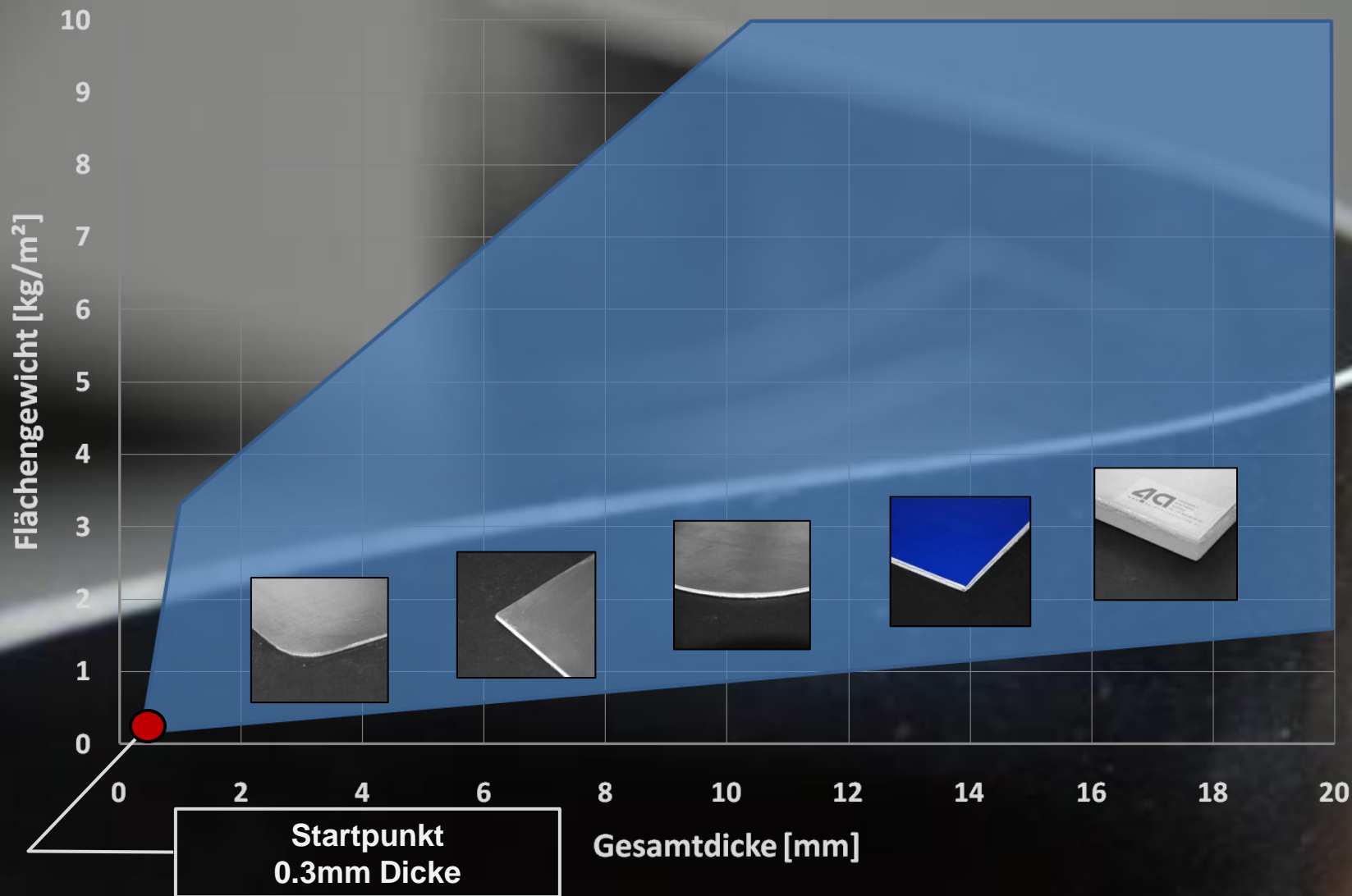


# TECHNISCHES POTENTIAL

## Hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht

weight comparison: panels with comparable stiffness





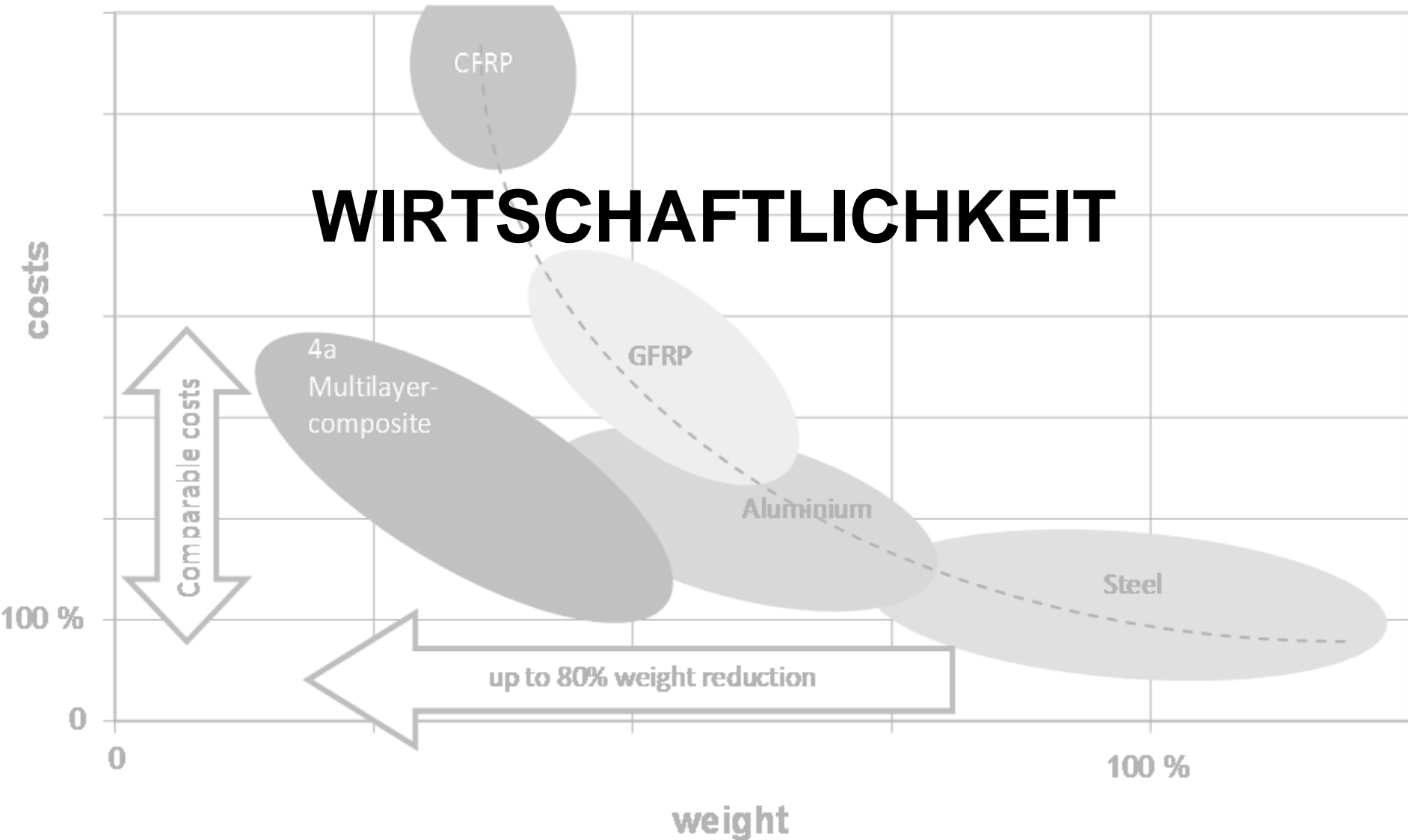
### ➤ **Versuchsbauteil**

- Tiefziehen
- Streckziehen
- Dehnungen bis 40%
- Abbildung kleiner Radien möglich



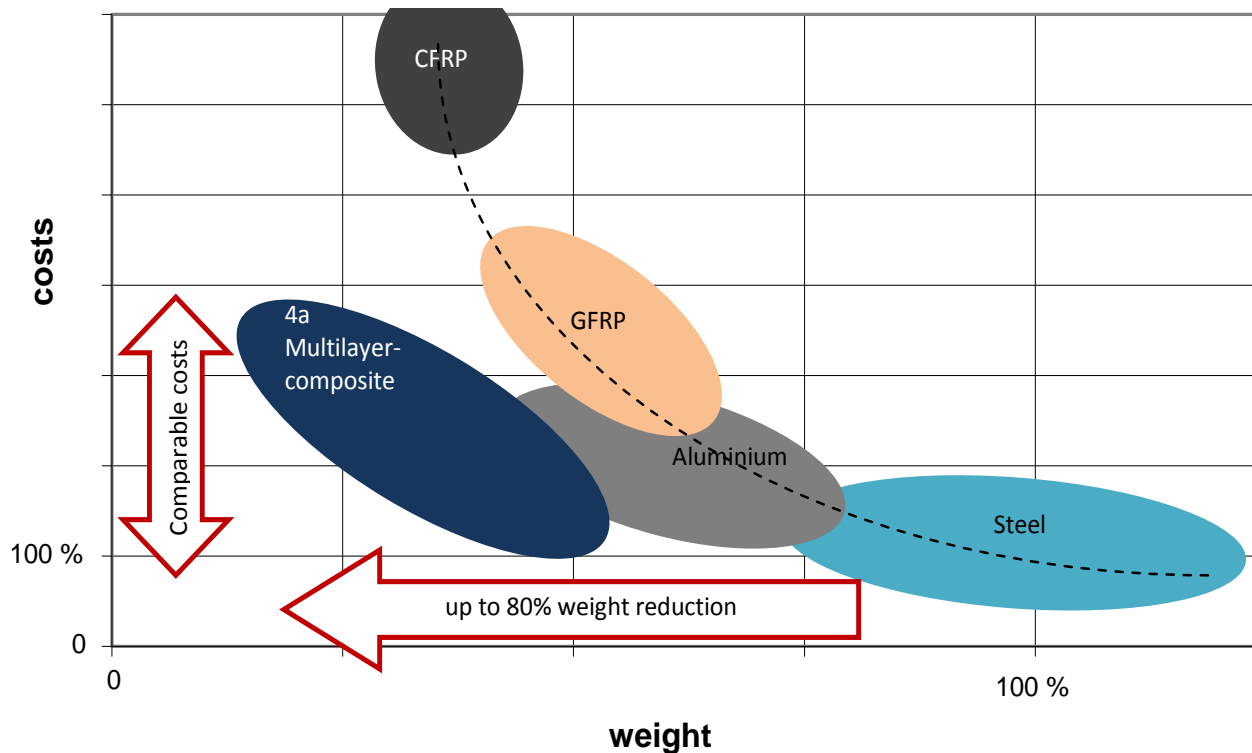


## WIRTSCHAFTLICHKEIT



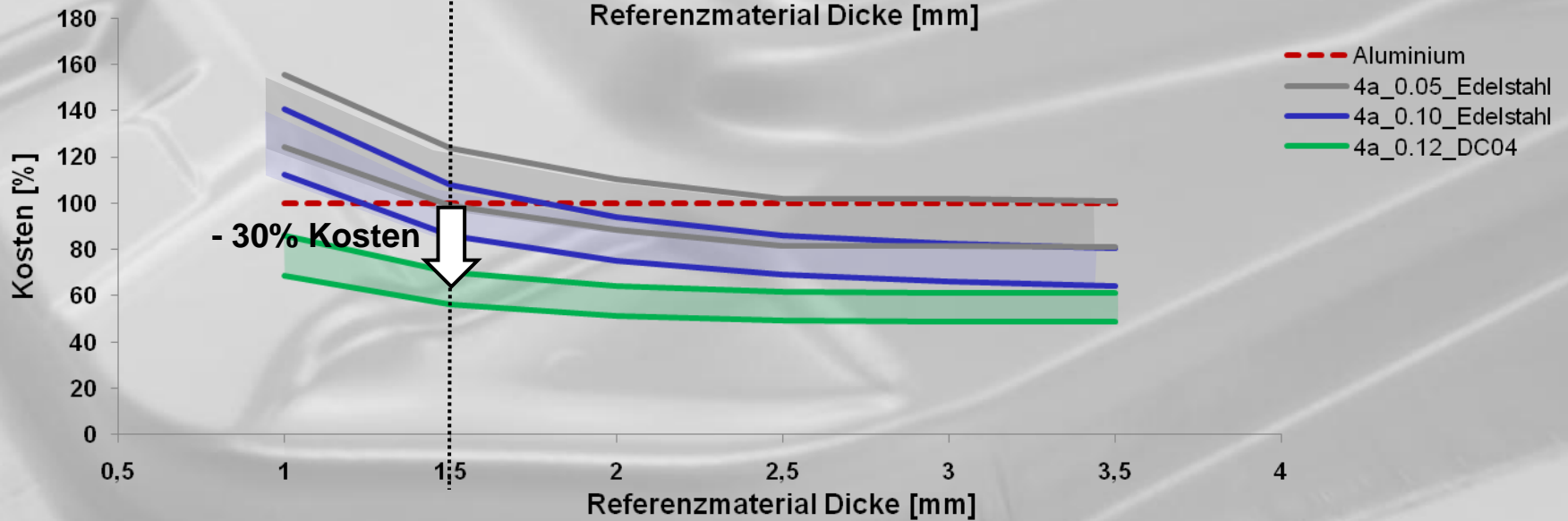
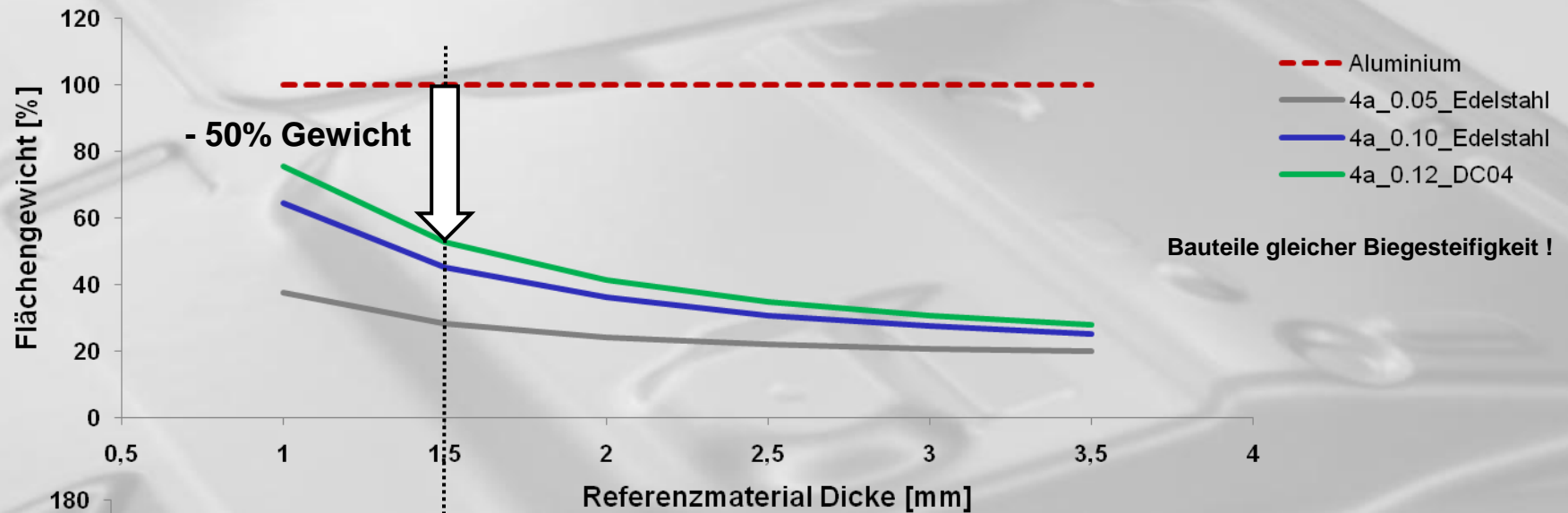
## ➤ Anwendungsbezogene Auslegung

- Materialauswahl
- Dickenverteilung



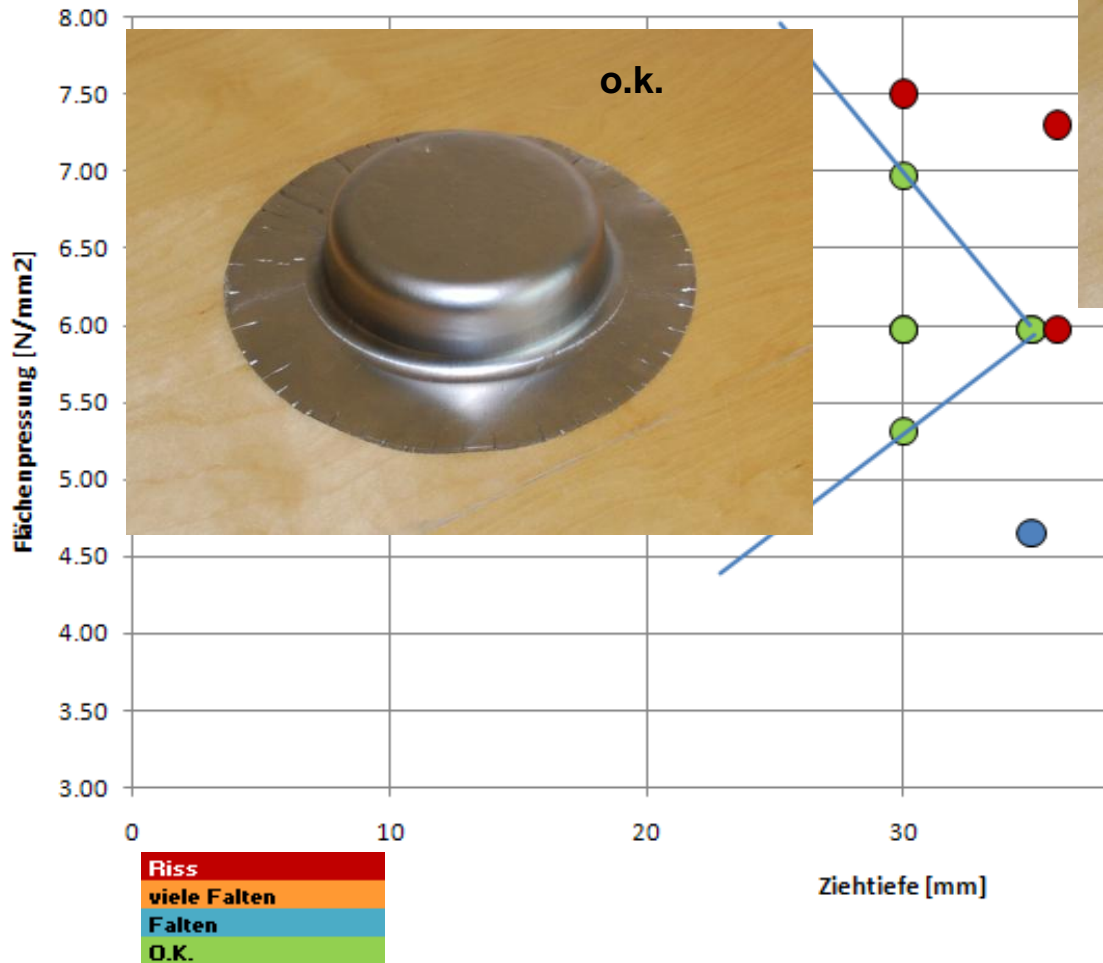
# WIRTSCHAFTLICHES POTENTIAL

## Kostenvergleich



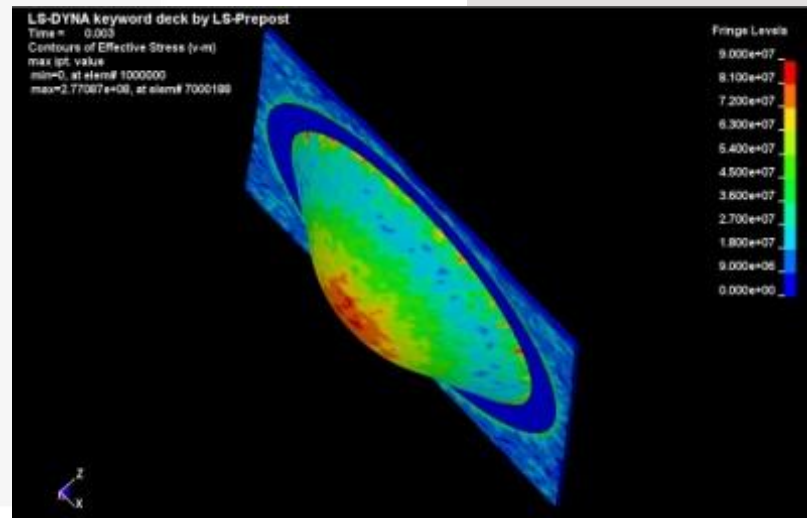
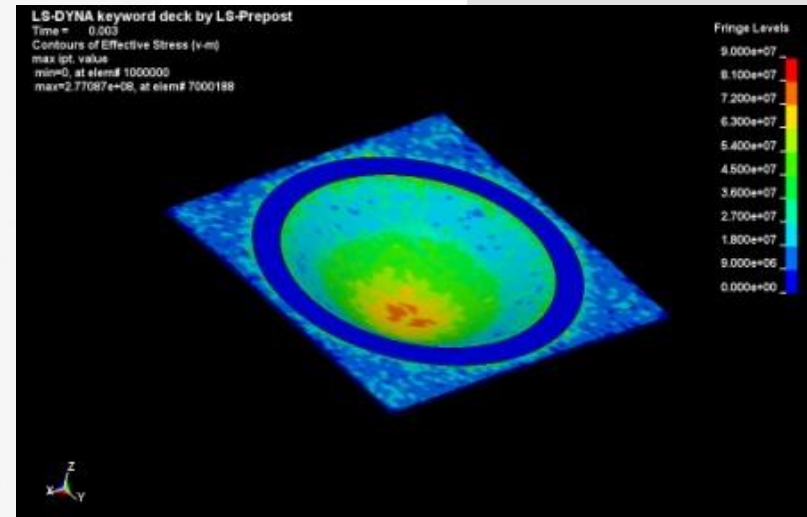
## UMFORMEN

### ➤ Arbeitsbereich



- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37

- Gesamtdickenverteilung
- Deckschichtdickenverteilung
- Steifigkeitsänderung
- Versagen der Verbindung
- Decklagenversagen
- Faltenbildung
- Versagen des Kernmaterials



## ➤ Entwicklung der Simulationsmethodik

### ➤ Modellierung

- Materialmodell
- Netzgröße
- Rechenzeit

### ➤ Abbildung von Effekten

#### ➤ Dehnungen

- Machbarkeitsbeurteilung
- Werkzeugauslegung

#### ➤ Kraftbedarf

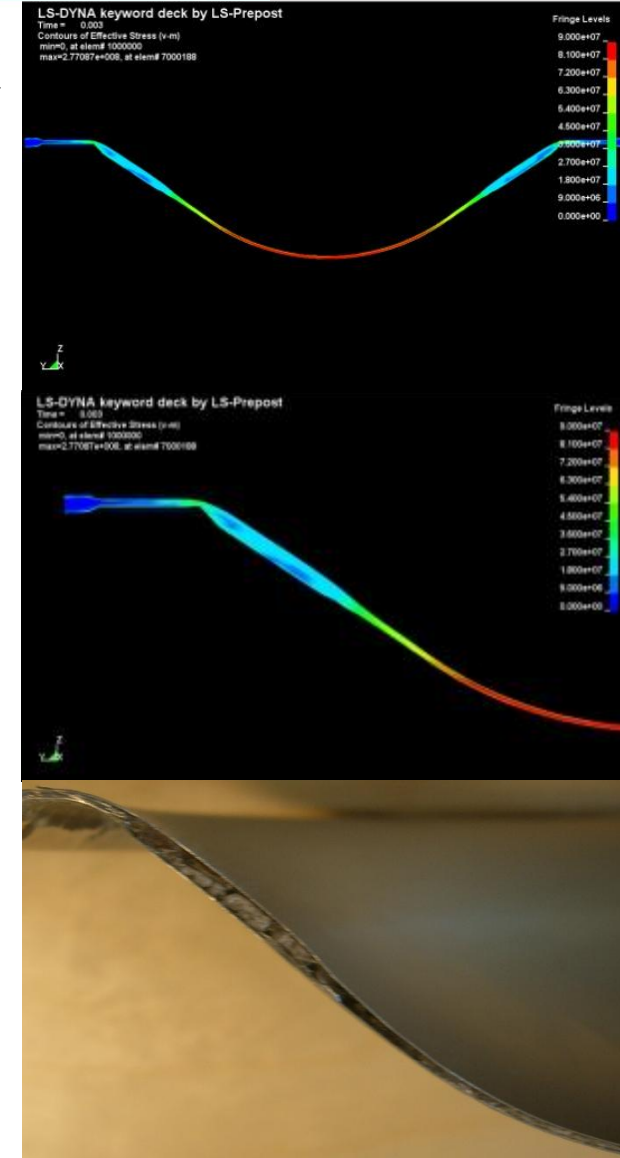
- Werkzeug- bzw. Anlagenauslegung

#### ➤ Dickenverteilung

- Bauteil实现legung (Steifigkeit, Festigkeit)

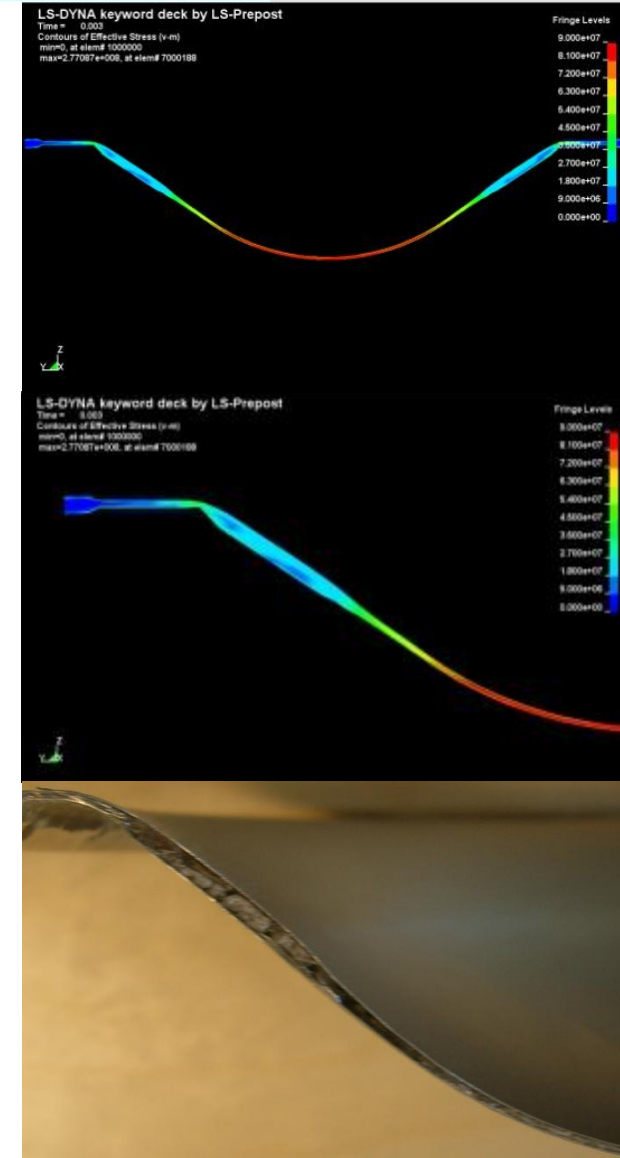
#### ➤ Faltenbildung

- Machbarkeitsbeurteilung
- Werkzeugauslegung



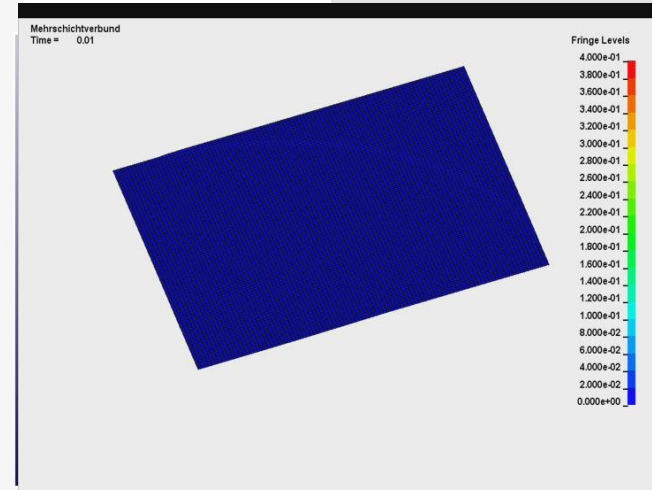
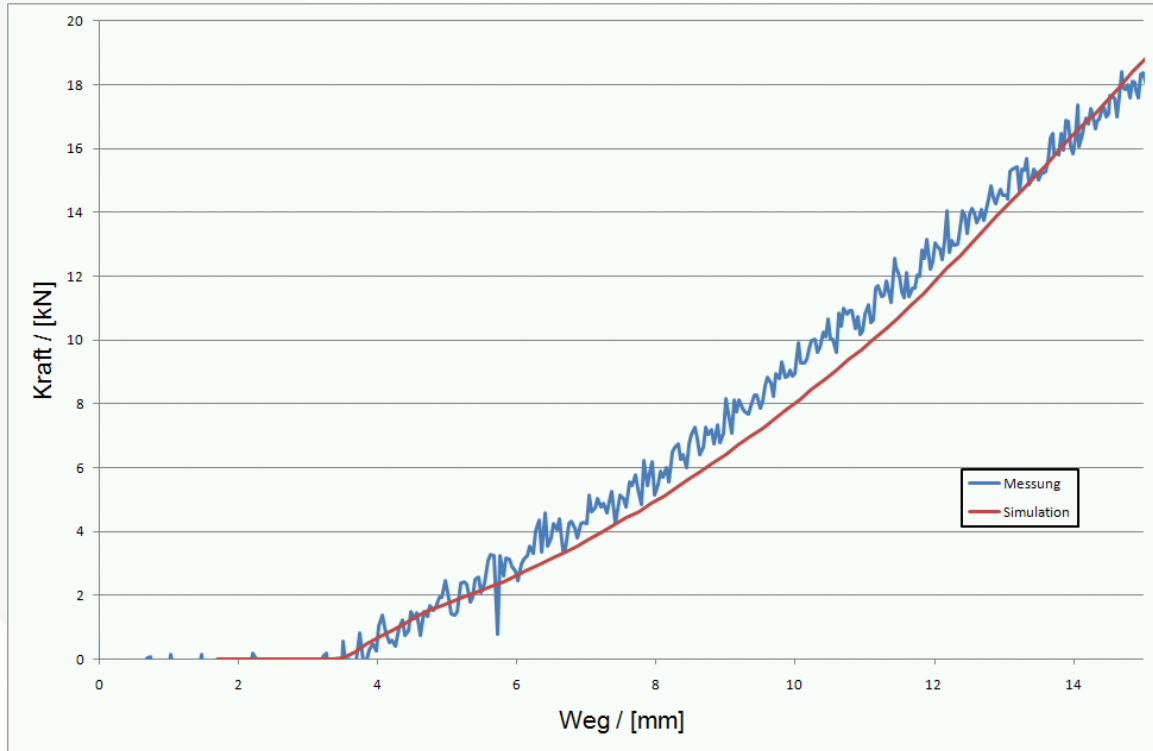
## ➤ Aktueller Stand der Simulationsmethodik

- Dünne Decklagen
  - Materialmodell DC04 (\*MAT\_24)
  - Schalenansatz
- Dicke Schaumschicht
  - Materialmodell (FOAM)
  - Mehrere Solids über der Dicke  
Kompromiss zwischen  
Abbildbarkeit und Rechenzeit
- Kleberschicht
  - Aktuell nicht berücksichtigt



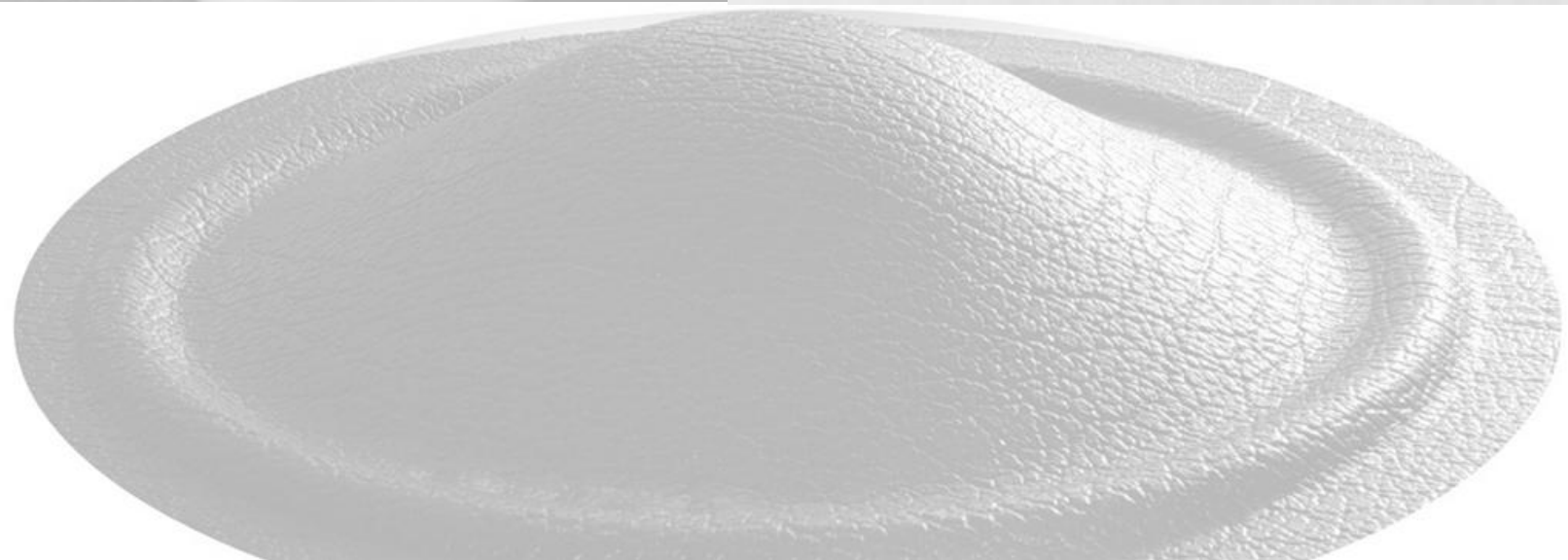


## ➤ Umformkraft





## BEISPIELE



# BEISPIEL

## Gepäckraumdeckel

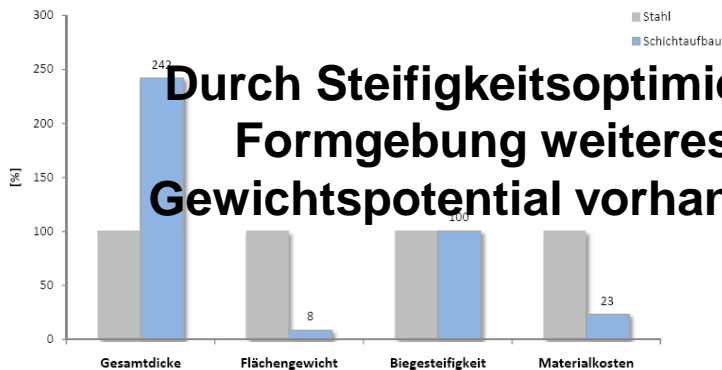
### 4a Gepäckraumdeckel

- Stahlverbund
- Gesamtverbunddicke: 4.2 mm
- Flächengewicht: 1.46 kg/m<sup>2</sup> → 57%



## Gewicht -43%

Vergleich mit homogenen Material



**Durch Steifigkeitsoptimierte Formgebung weiteres Gewichtspotential vorhanden**

Schicht	Stahl
Dicke [mm]	1.73
E-Modul [Mpa]	210000
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	7850

	Stahl	Schichtaufbau
Gesamtdicke	[mm] 1.73	→ 4.18
neutrale Faser	[mm] 0.87	→ 2.09
Flächengewicht	[kg/m <sup>2</sup> ] 13.58	→ 1.15
Dichte	[kg/m <sup>3</sup> ] 7850	→ 274
Biegesteifigkeit	[Nmm <sup>2</sup> ] 38509270	→ 38511058
EI / Breite	[Nmm] 90610	→ 90614
Elastizitätsmodul	[N/mm <sup>2</sup> ] 210000	→ 14888

Schichtaufbau

Schicht_1	Schicht_2	Schicht_3	Schicht_4	Schicht_5	Schicht_6	Schicht_7
Stahl	Kleber	Schaum70	Kleber	Stahl	--	--
Dicke [mm] 0.07	Dicke [mm] 0.04	Dicke [mm] 4	Dicke [mm] 0.04	Dicke [mm] 0.07	Dicke [mm] 0	Dicke [mm] 0
E-Modul [Mpa] 210000	E-Modul [Mpa] 800	E-Modul [Mpa] 150	E-Modul [Mpa] 800	E-Modul [Mpa] 210000	E-Modul [Mpa] 0	E-Modul [Mpa] 0
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 7850	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 1000	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 70	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 1000	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 7850	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 0	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] 0

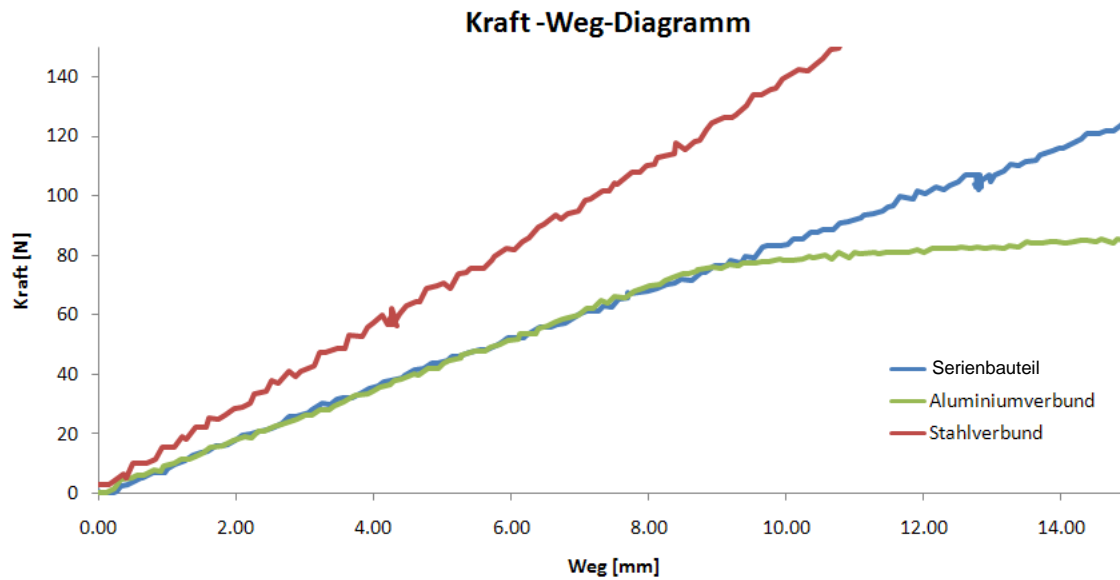
Bauteilbreite	b	[mm]	425
Bauteillänge	l	[mm]	980
Gesamtdicke		[mm]	4.22
neutrale Faser		[mm]	2.11
Flächengewicht		[kg/m <sup>2</sup> ]	1.46
Dichte		[kg/m <sup>3</sup> ]	346
Biegesteifigkeit		[Nmm <sup>2</sup> ]	54254877
EI / Breite		[Nmm]	127659
Elastizitätsmodul		[N/mm <sup>2</sup> ]	20384
Masse		[kg]	0.608

Stahl	0.07
Kleber	0.04
Schaum70	4
Kleber	0.04
Stahl	0.07
--	0
--	0

MORE

# BEISPIEL

## Gepäckraumdeckel



**4a Gepäckraumdeckel  
Aluminiumverbund**

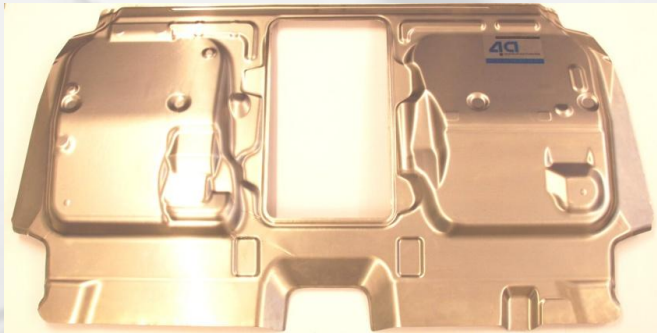
**Gewicht  
-28,5%**

**4a Gepäckraumdeckel  
Stahlverbund**

**Gewicht  
-18%**

## Vergleich mit Aluminium-Rückwand

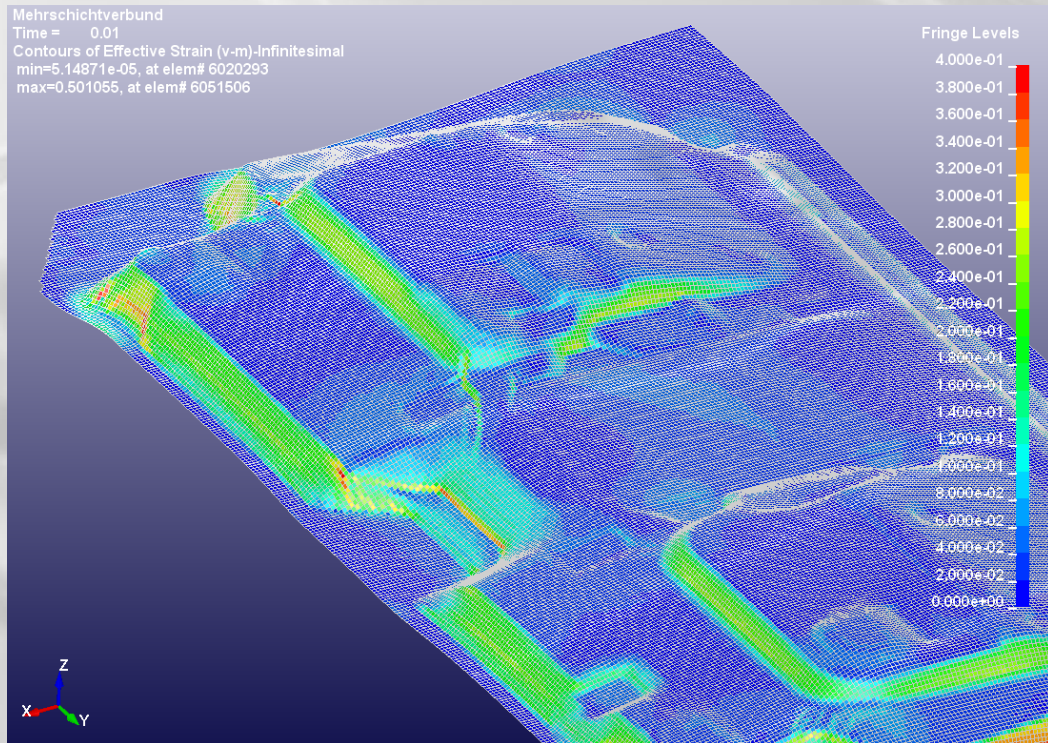
- Gewichtsreduktion: bis zu 59%



## 4a Mehrschichtverbund

- Dicke: 2 mm
- Gewicht: 2.08 kg/m<sup>2</sup>
- Hauptabmessungen: 1340 x 765 x 2.0 mm

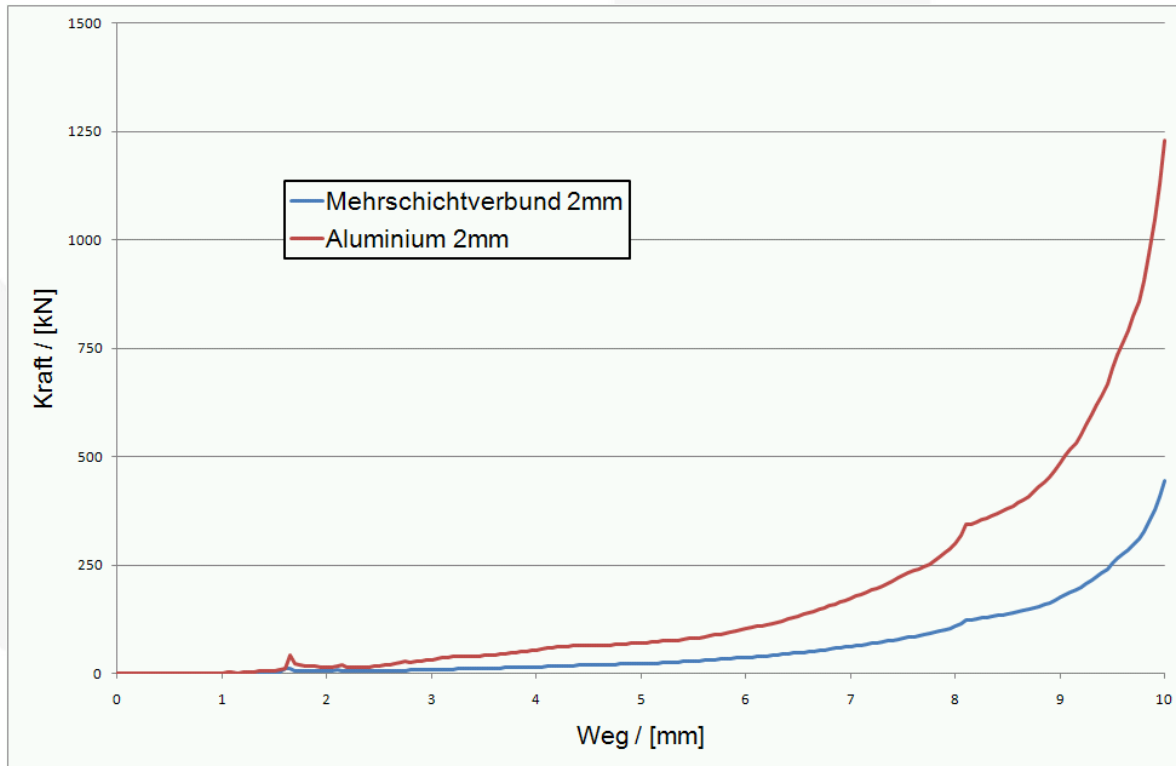
## ➤ Vergleich mit der Simulation



### ➤ Umformkraft

- ca. 15% der Umformkraft im Vergleich zu Stahl
- ca. 30% der Umformkraft im Vergleich zu Aluminium

### ➤ Kraft-Weg Verlauf Simulation

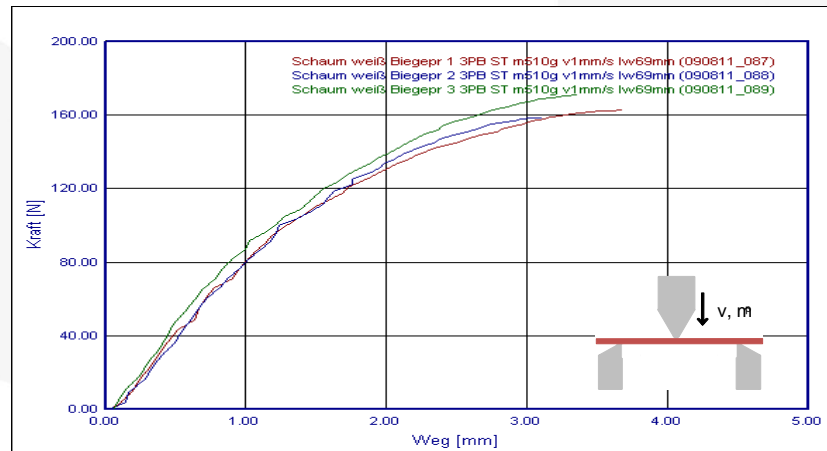


### ➤ **Klebung**

- Berücksichtigung zur Vorhersage von Delamination

### ➤ **Materialmodelle**

- FLD Anwendbarkeit überprüfen
- Dynamische Materialdaten (CRASH)
  - 4a Impetus

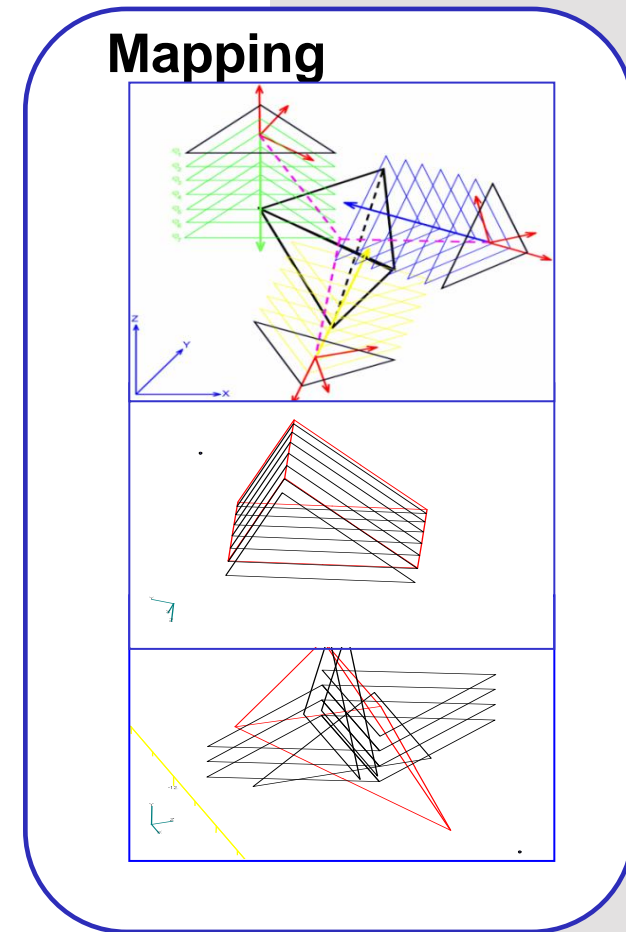




### ➤ Modellierung

- Rechenzeiten vs. Modellierung
  - Adaptive Verfeinerung?
  - Dickenmodellierung
- Vereinfachung für CRASH
  - Globale Steifigkeit vs. Lokales Versagen
- Integrative Simulation  
Mapping Prozess- → Struktursimulation  
Dickeninformation Kernschicht  
→ Materialeigenschaften

### ➤ Fügetechniken



- Enormes Leichtbaupotential
- Sehr hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht
- Sehr gute Umformbarkeit
- Sehr gute Dämpfungseigenschaften
- Variationsvielfalt durch verschiedenen Werkstoffkombinationen

