

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

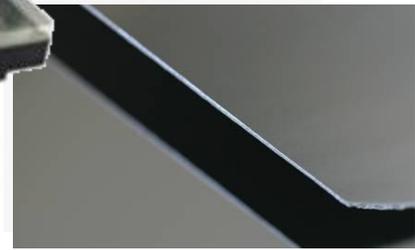
ENGINEERING
GmbH

4a

MANUFACTURING
GmbH

4a

MEDICOM
GmbH



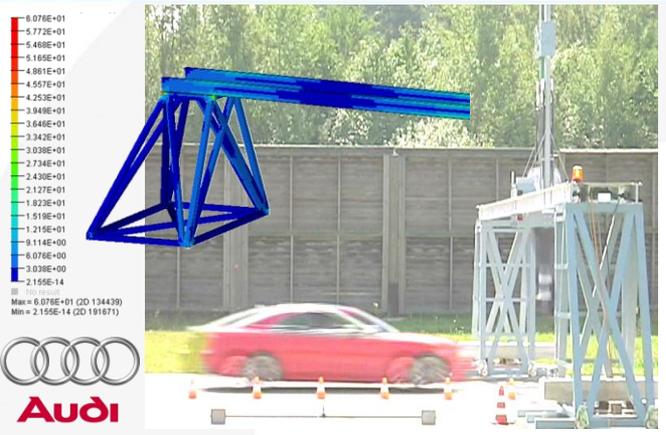
DYNA
MORE



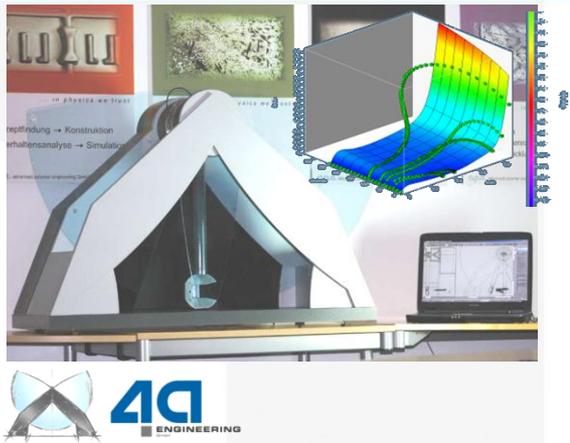
- **Gründungsjahr 2002**
- **F&E - Dienstleistung**
- **15 bis 20 Kernkunden**
- **bisher mehr als 500 Projekte**
 - 45% Automotive
 - 15% Luft- und Raumfahrt
 - 15% Maschinenbau
 - 10% Medizintechnik
 - 15% Consumer goods
- **Kernkompetenzen**
 - Kunststoff- und Werkstoffwissenschaften
 - Numerische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



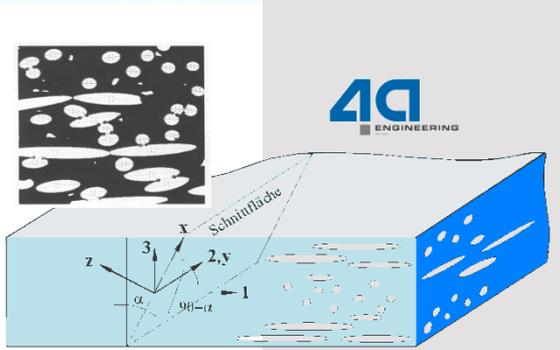
- **Gründungsjahr 2004**
- **Halbzeuglieferant für Handylautsprecher (> 500 Millionen Stück, 15% Marktanteil)**
- **Fertigung Verbundwerkstoffe**
 - 95% Consumer goods
 - 5% Automotive
- **Kernkompetenzen**
 - Fertigung von Mehrschichtverbunden mit speziellen Eigenschaften
 - Entwicklung von neuen Materialverbunden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



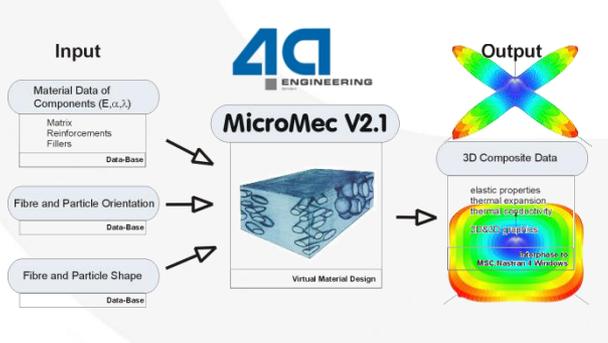
GFK - Prüfstand
 Entwickelt – Gebaut - Geliefert
 60 g Beschleunigung eines FG - Dummies
 BxTxH 14 x 3 x 6 m → 800 kg



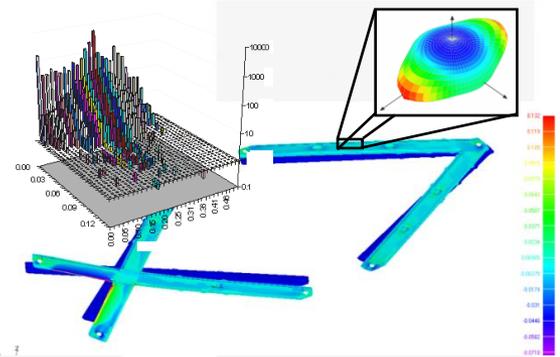
4a Impetus
 Einzigartiges Pendelprüfsystem
 Simultane numerische Simulation
 Automatische Materialkarte (LSDyna...)



4a Bildanalyse system
 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 Ver Streckung
- Virtuelle Musterbildung

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



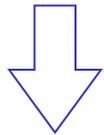
WZ_RUN04.DYN
Time = 0



Hinterspritzen von Textilien

Spritzguss-
simulation

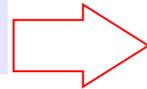
Tiefziehen
(Form schließen)



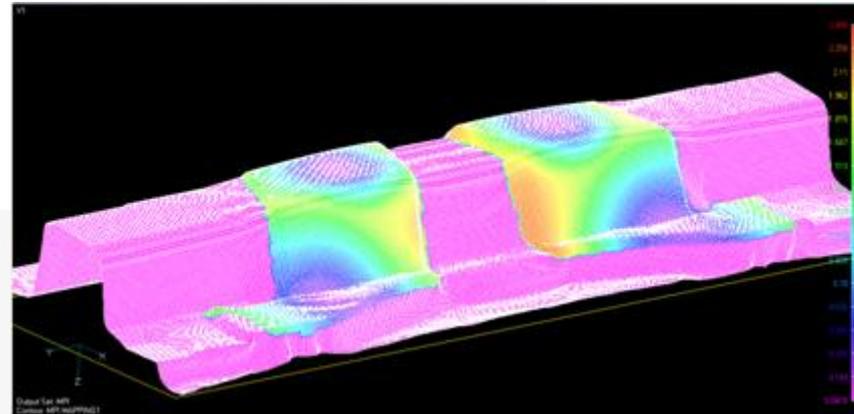
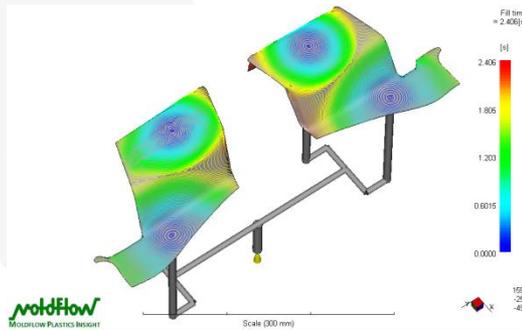
Mapping



Füllbild



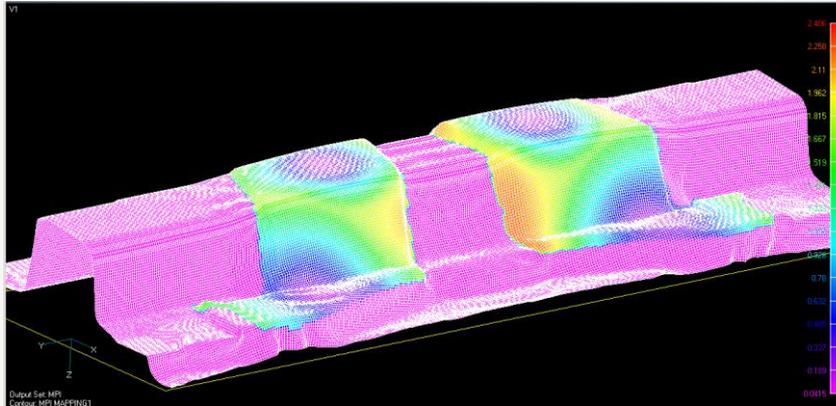
Veränderte geometrische Position
des Textils



Umsetzung erfolgte durch dafür
entwickelte Softwareroutinen

Methodenentwicklungsbeispiele

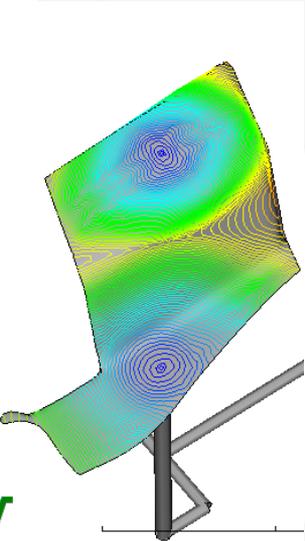
Integrative Simulation - Belastungsspezifisch



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



LH₂ – Innotankaufhängung

geringer Wärmeeintrag in den Innotank
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



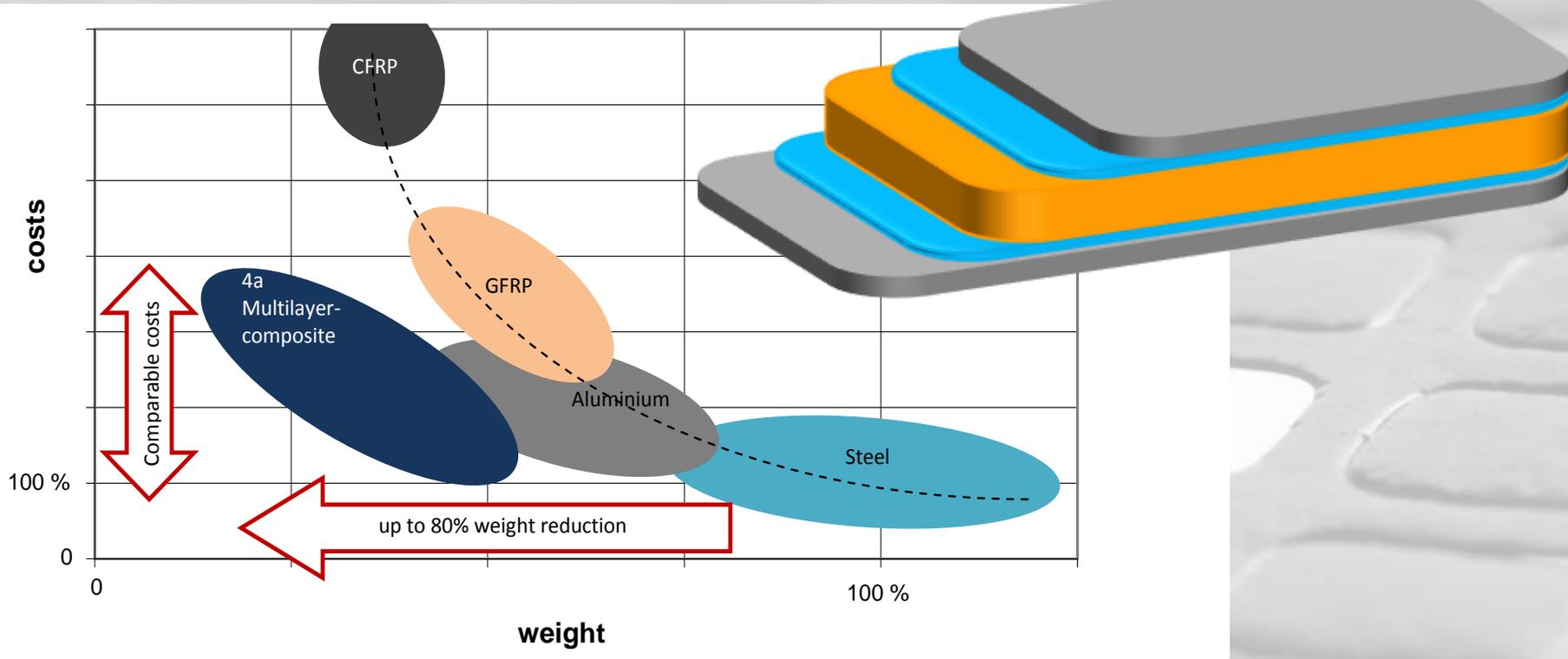
(ca. 280 Mio. Stk.)



- Hohe Steifigkeit
- Niedriges Gewicht
- Dämpfungseigenschaften
- Wirtschaftliche Herstellung

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

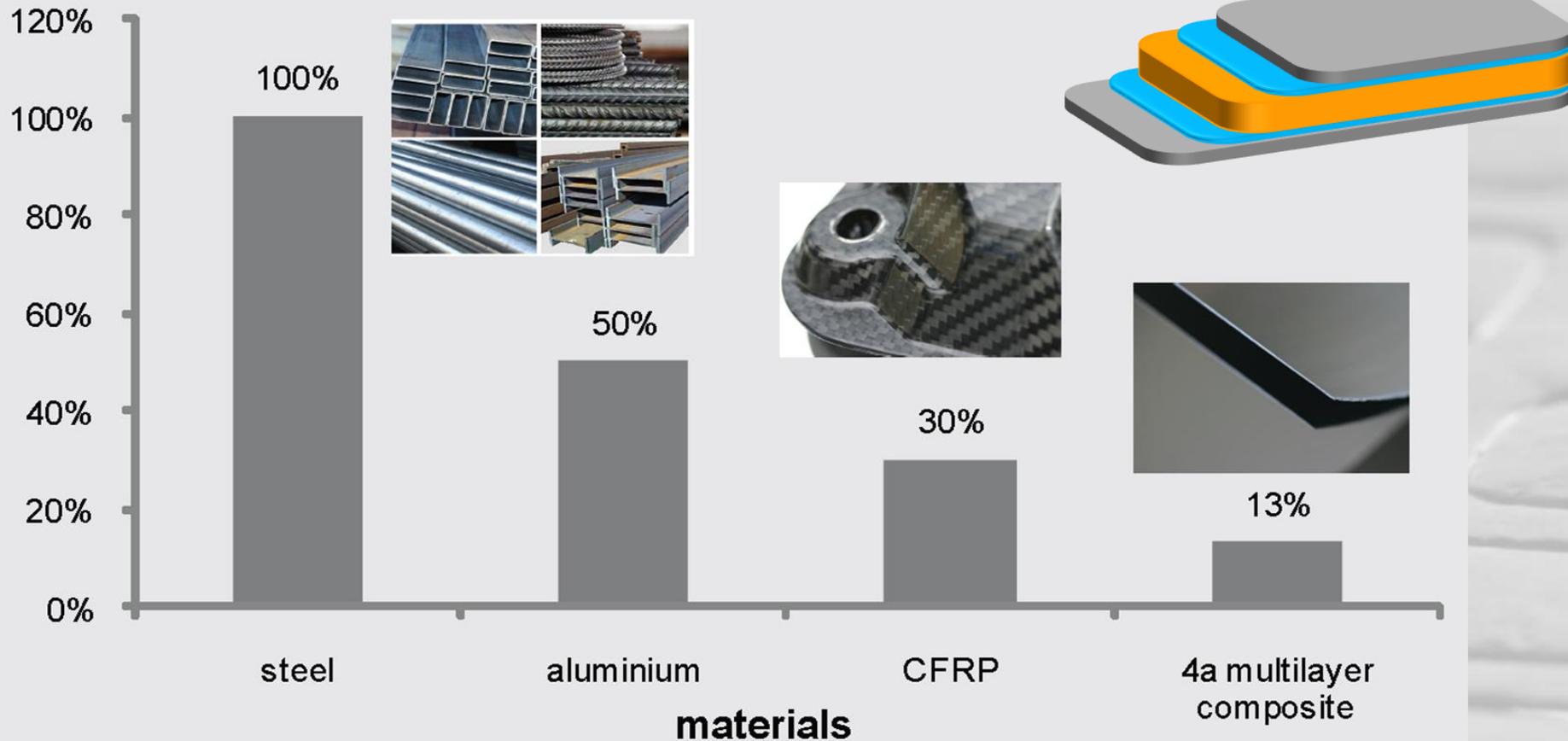
$$(EI)_{ges} = \sum \left(E_i \cdot \left(\frac{b_i \cdot h_i^3}{12} + b_i \cdot h_i \cdot y_i^2 \right) \right)$$

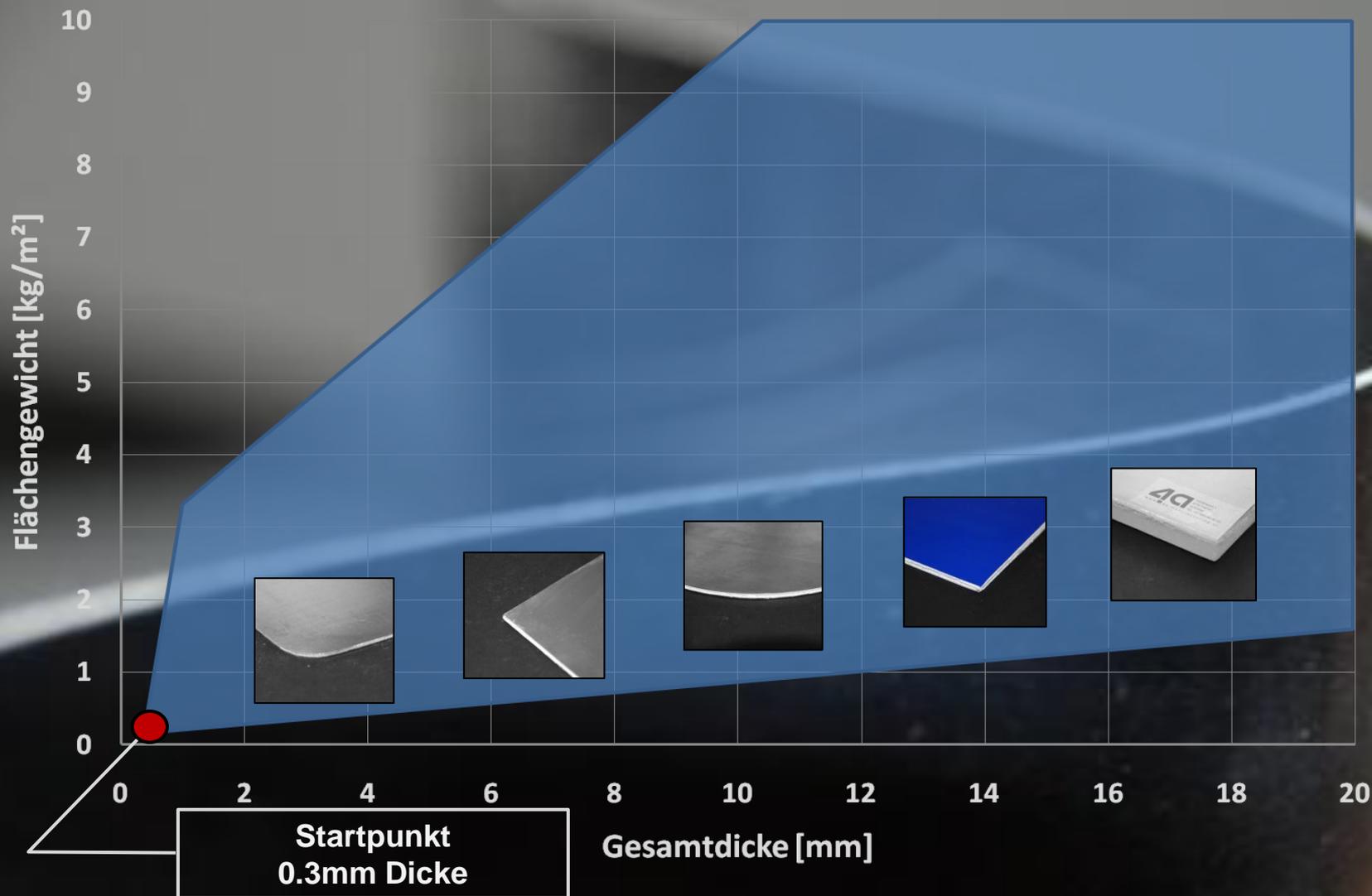


TECHNISCHES POTENTIAL

Hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht

weight comparison: panels with comparable stiffness



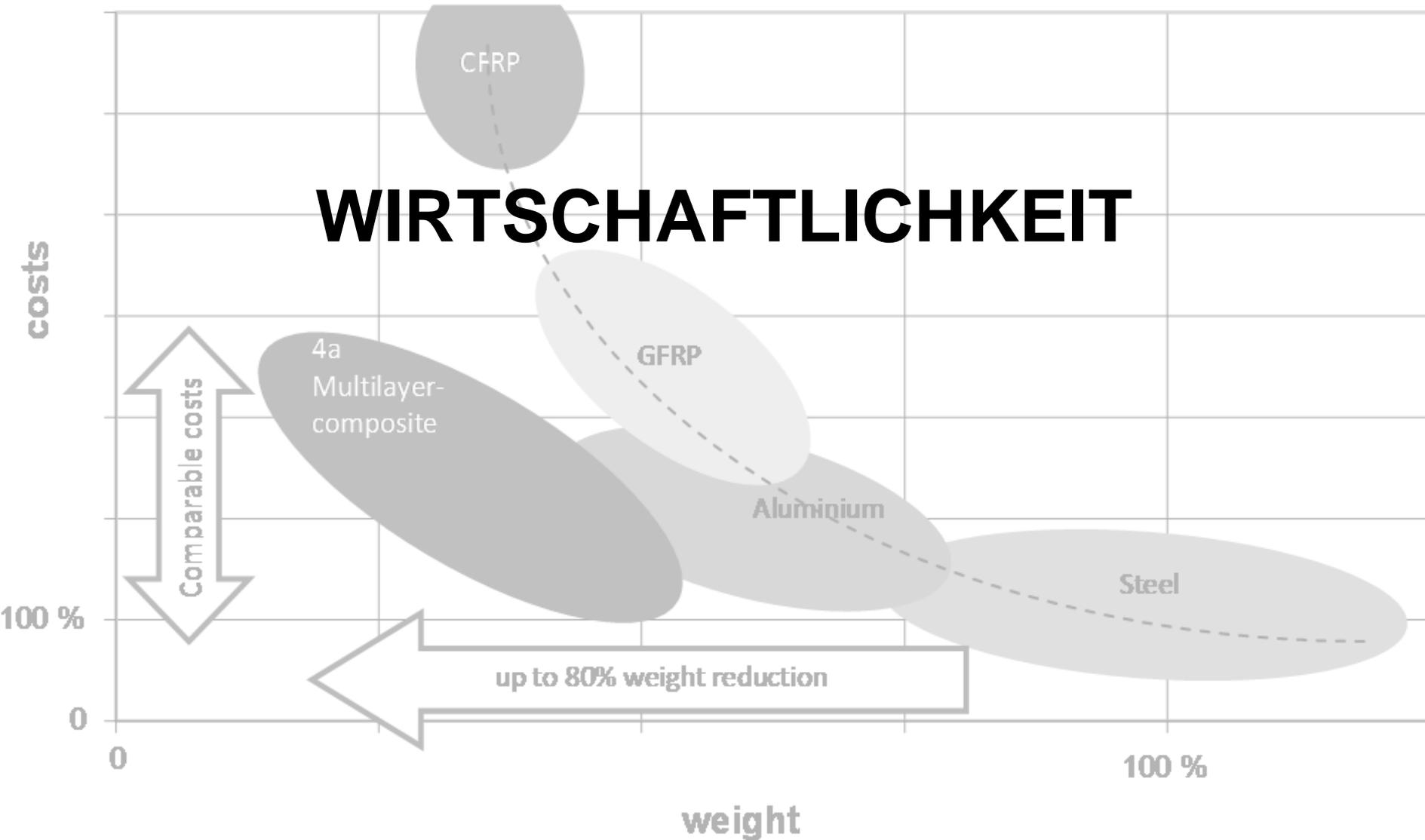


➤ **Versuchsbauteil**

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

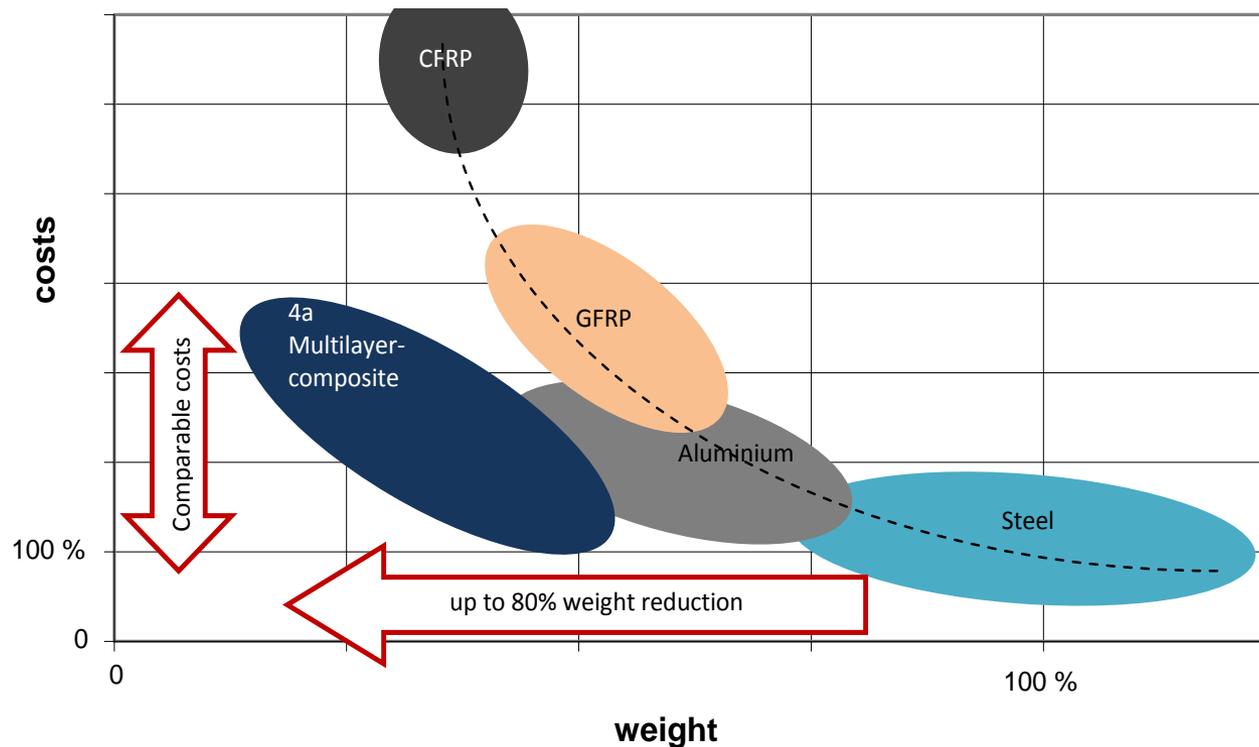


WIRTSCHAFTLICHKEIT



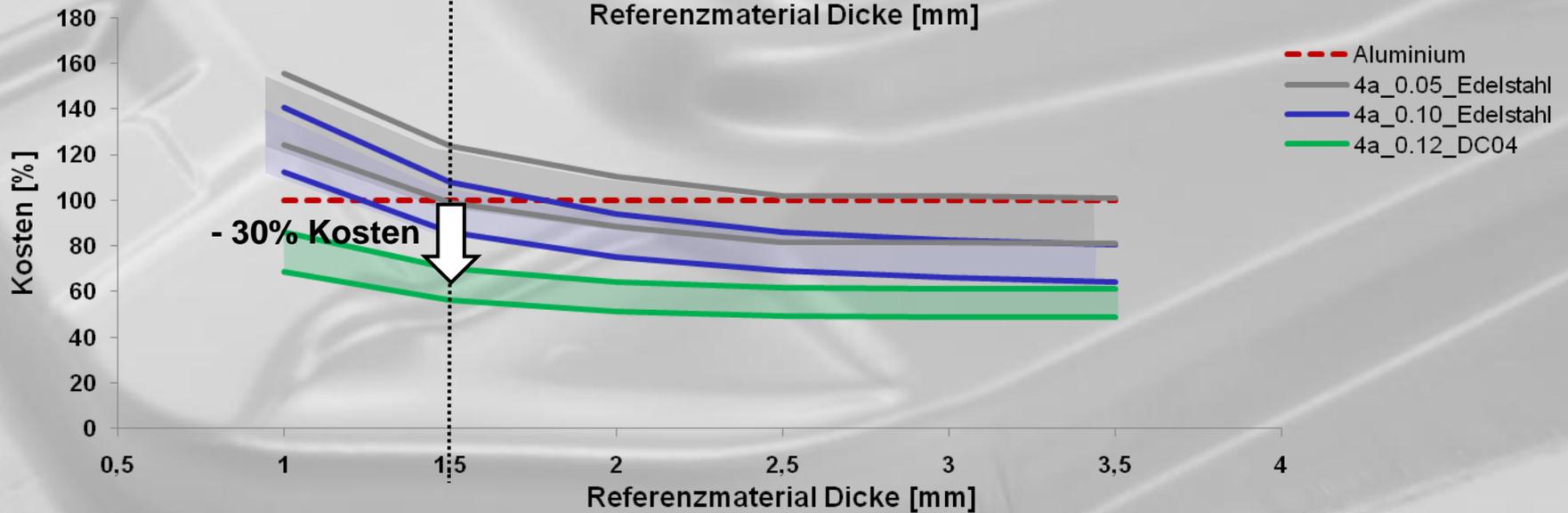
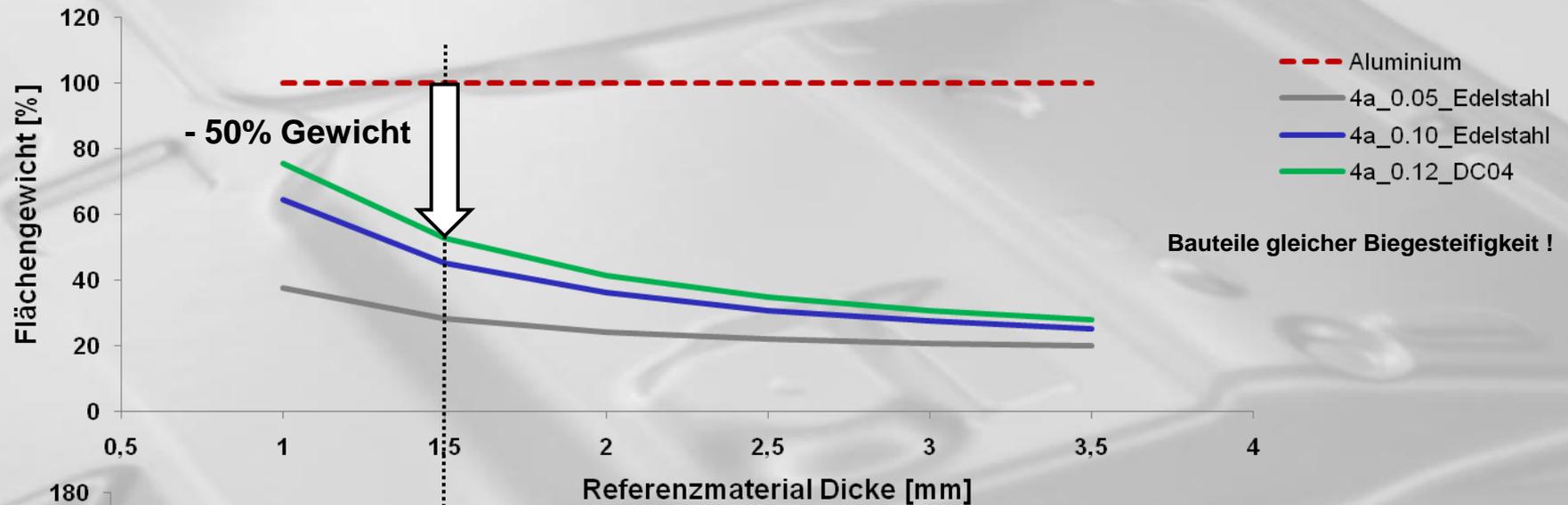
➤ Anwendungsbezogene Auslegung

- Materialauswahl
- Dickenverteilung



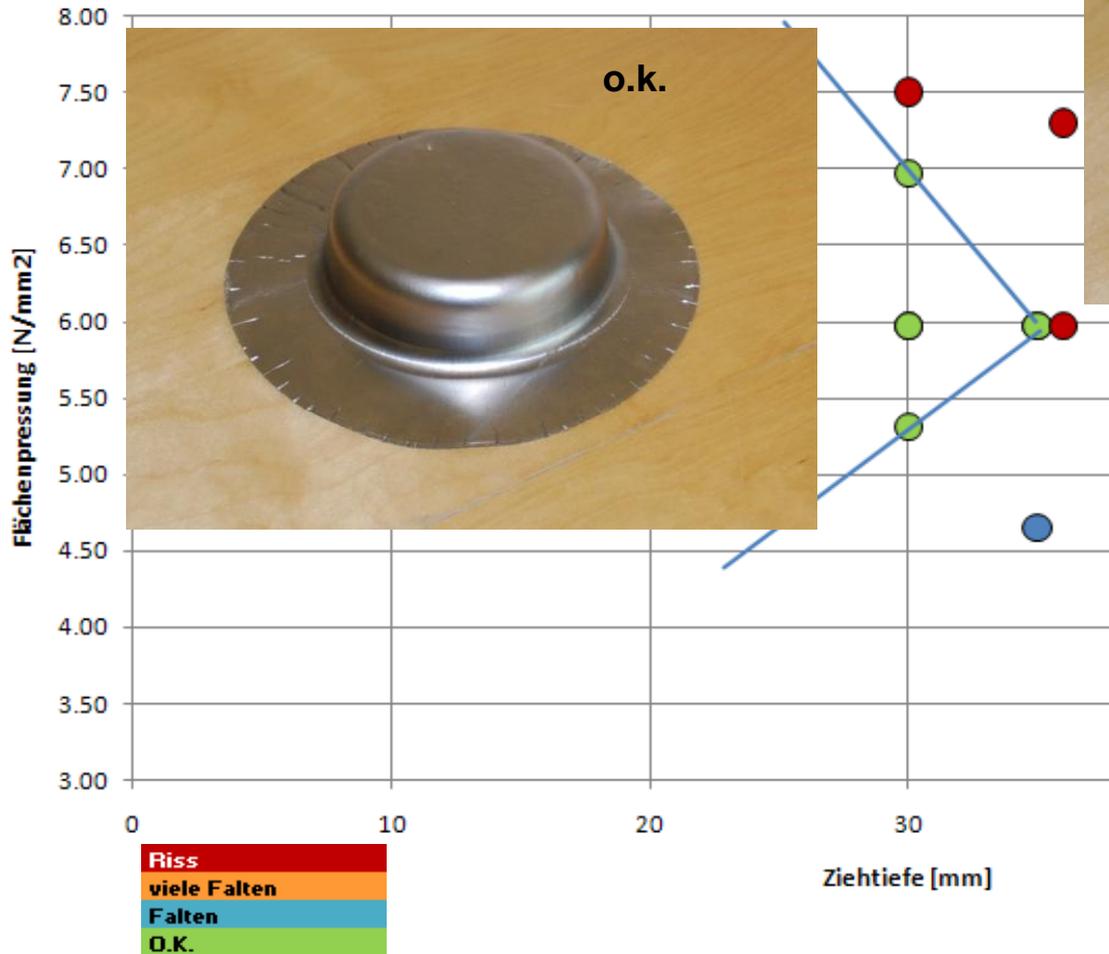
WIRTSCHAFTLICHES POTENTIAL

Kostenvergleich



UMFORMEN

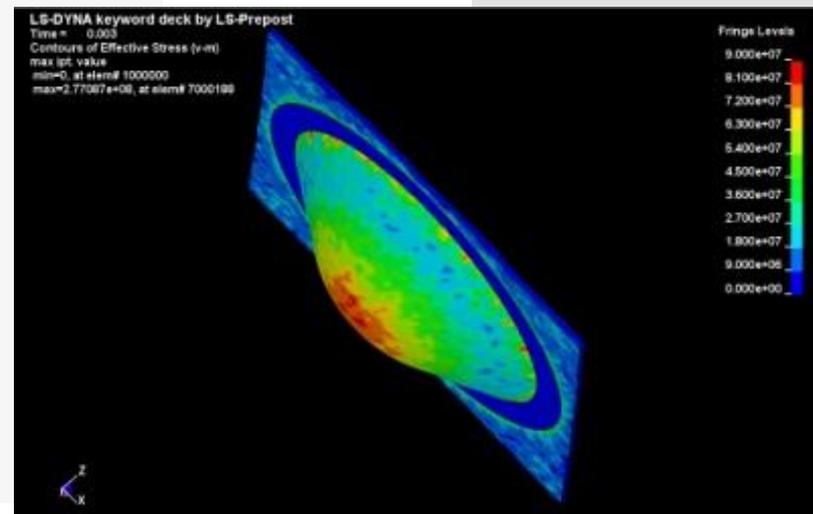
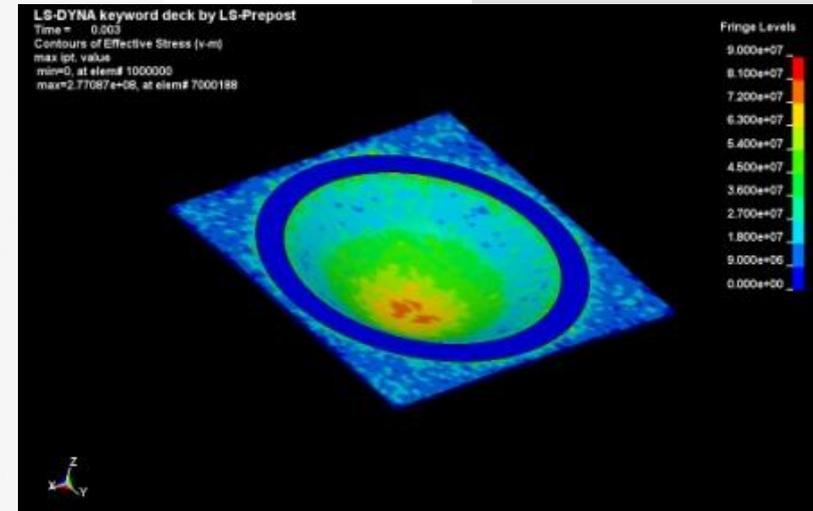
➤ Arbeitsbereich



- 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

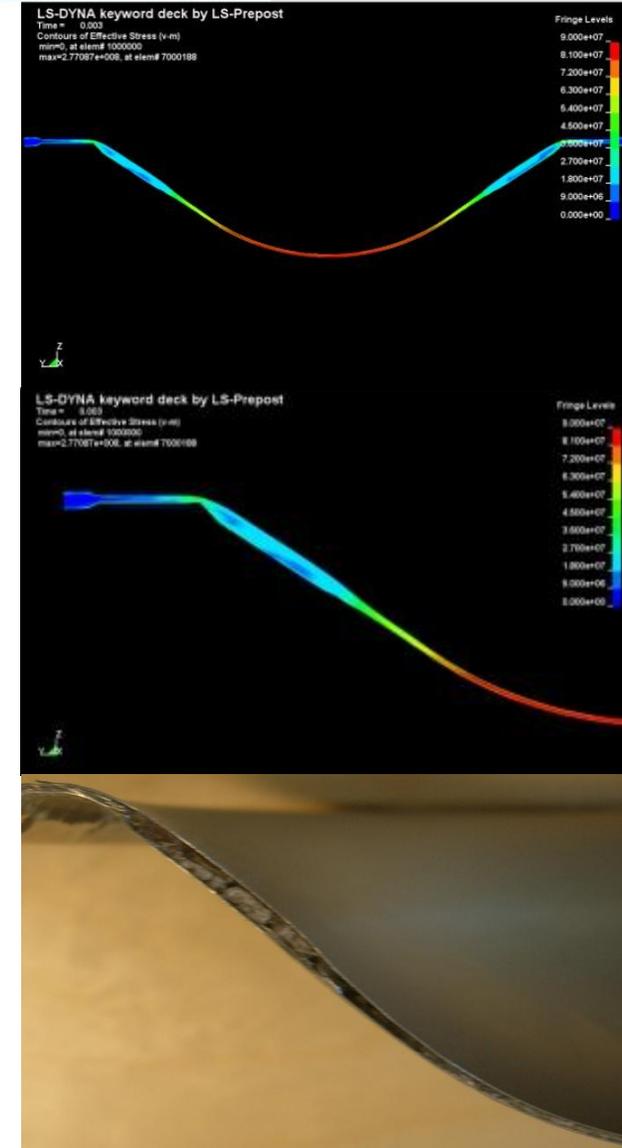
- Werkzeug- bzw. Anlagenauslegung

➤ Dickenverteilung

- Bauteil实现legung (Steifigkeit, Festigkeit)

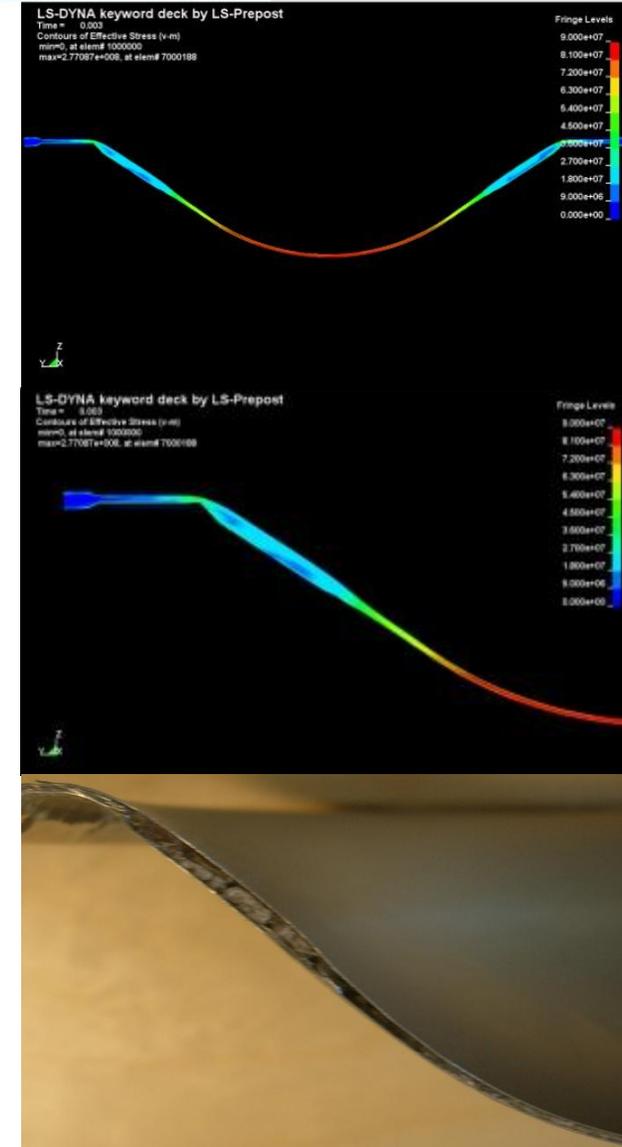
➤ Faltenbildung

- Machbarkeitsbeurteilung
- Werkzeugauslegung

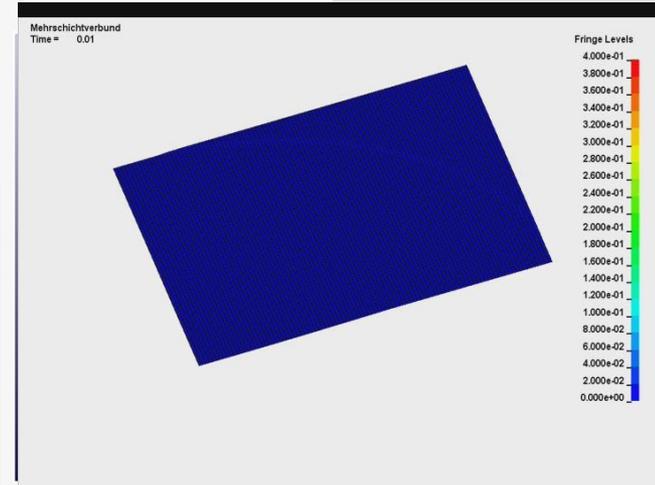
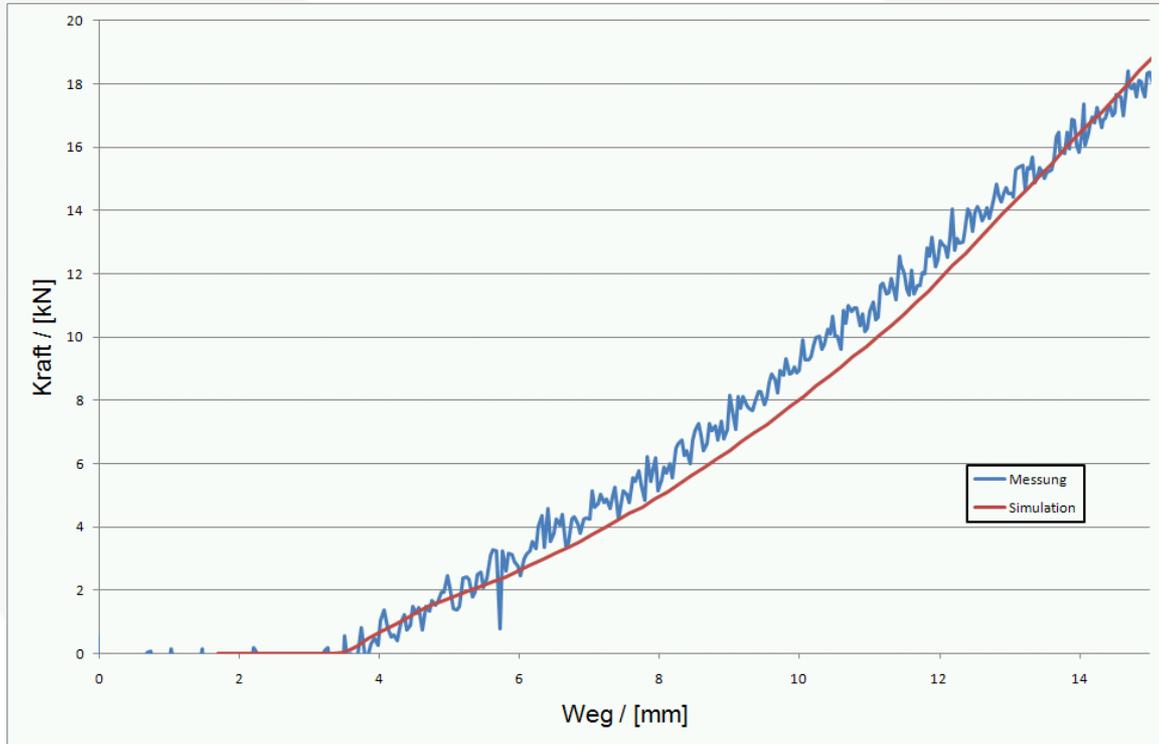


➤ Aktueller Stand der Simulationsmethodik

- 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

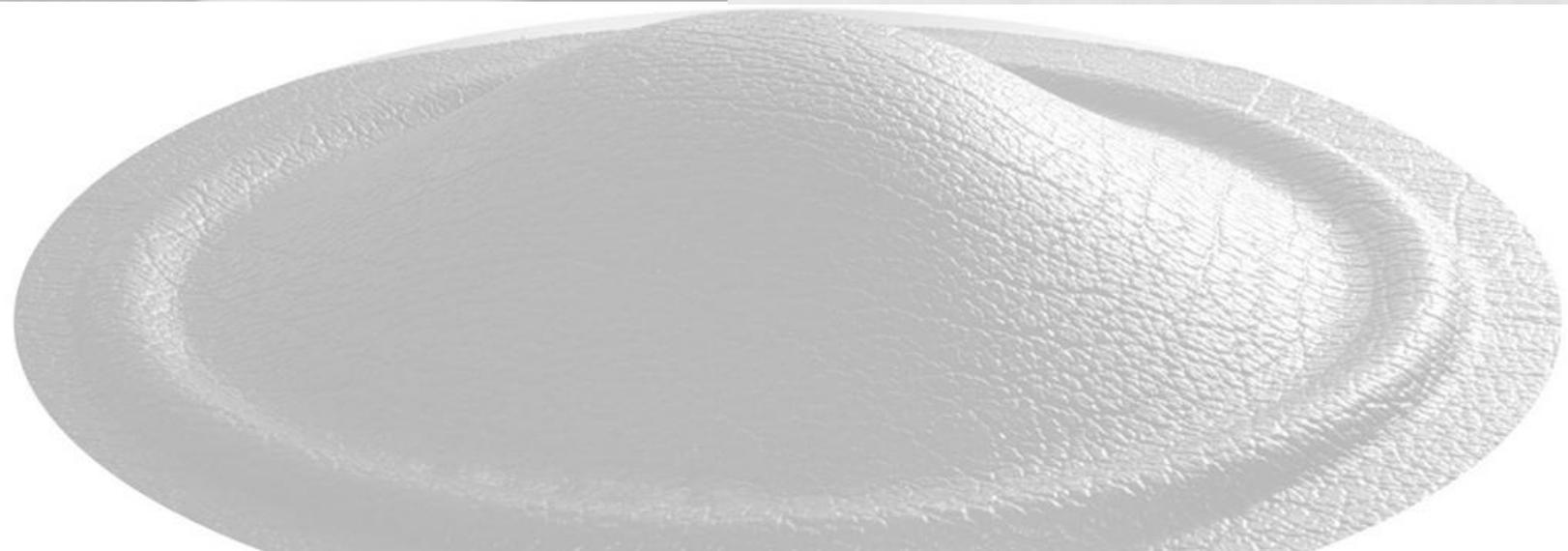


➤ Umformkraft





BEISPIELE



BEISPIEL

Gepäckraumdeckel

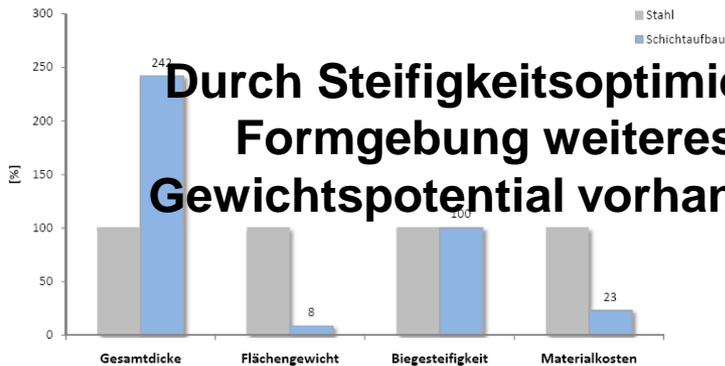
4a Gepäckraumdeckel

- Stahlverbund
- Gesamtverbunddicke: 4.2 mm
- Flächengewicht: 1.46 kg/m² → 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 ³]	7850

	Stahl	Schichtaufbau
Gesamtdicke	[mm] 1.73	→ 4.18
neutrale Faser	[mm] 0.87	→ 2.09
Flächengewicht	[kg/m ²] 13.58	→ 1.46
Dichte	[kg/m ³] 7850	→ 274
Biegesteifigkeit	[Nm/m ²] 38509270	→ 38511058
EI / Breite	[Nm/m] 90610	→ 90614
Elastizitätsmodul	[N/mm ²] 210000	→ 14888

Schichtaufbau

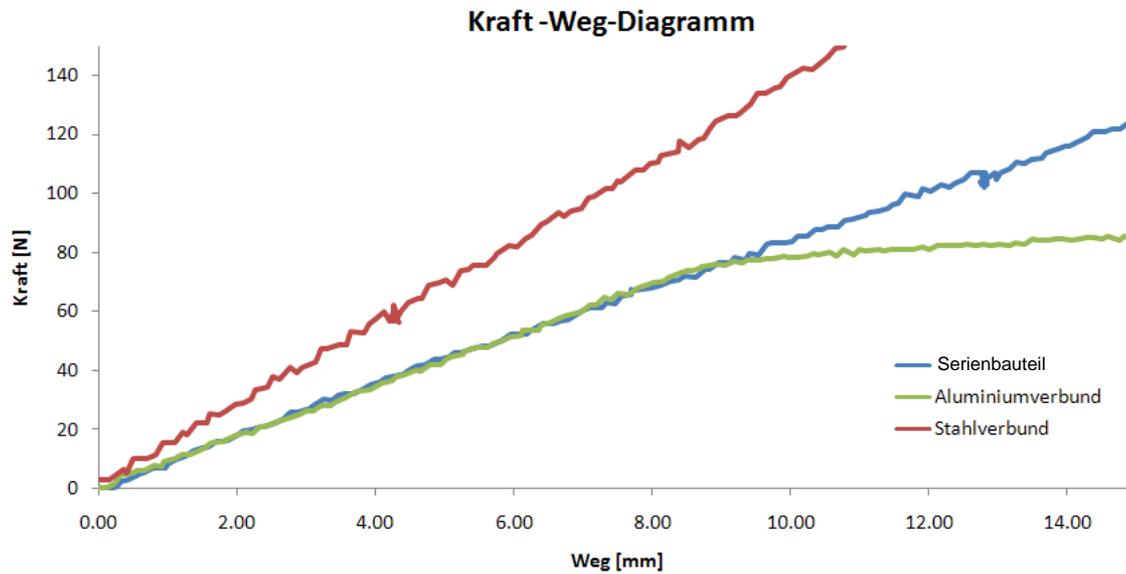
Schicht_1	Schicht_2	Schicht_3	Schicht_4	Schicht_5	Schicht_6	Schicht_7	
Stahl	Kleber	Schaum70	Kleber	Stahl	--	--	
Dicke [mm] 0.07	Dicke [mm] 0.04	Dicke [mm] 4	Dicke [mm] 0.04	Dicke [mm] 0.07	Dicke [mm] 0	Dicke [mm] 0	
E-Modul [Mpa] 210000	E-Modul [Mpa] 800	E-Modul [Mpa] 150	E-Modul [Mpa] 800	E-Modul [Mpa] 210000	E-Modul [Mpa] 0	E-Modul [Mpa] 0	
Dichte [kg/m ³] 7850	Dichte [kg/m ³] 1000	Dichte [kg/m ³] 70	Dichte [kg/m ³] 1000	Dichte [kg/m ³] 7850	Dichte [kg/m ³] 0	Dichte [kg/m ³] 0	
Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	Alu, PP, PP-GF30, CFK-uni, GFK, Kleber, Rohacell, PAR	
Bauteilbreite b [mm] 425	Bauteillänge l [mm] 980						
Gesamtdicke [mm] 4.22	neutrale Faser [mm] 2.11						
Flächengewicht [kg/m ²] 1.46	Dichte [kg/m ³] 346						
Biegesteifigkeit [Nm/m ²] 54254877	EI / Breite [Nm/m] 127659						
Elastizitätsmodul [N/mm ²] 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

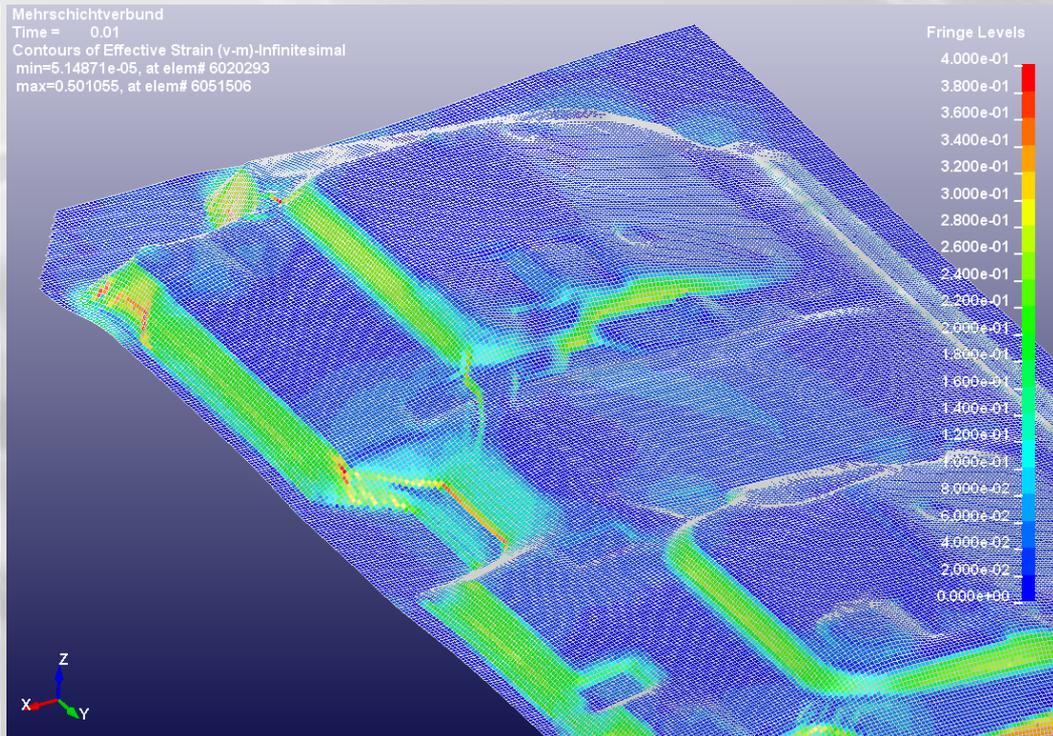
- Gewichtsreduktion: bis zu 59%



4a Mehrschichtverbund

- Dicke: 2 mm
- Gewicht: 2.08 kg/m²
- Hauptabmessungen: 1340 x 765 x 2.0 mm

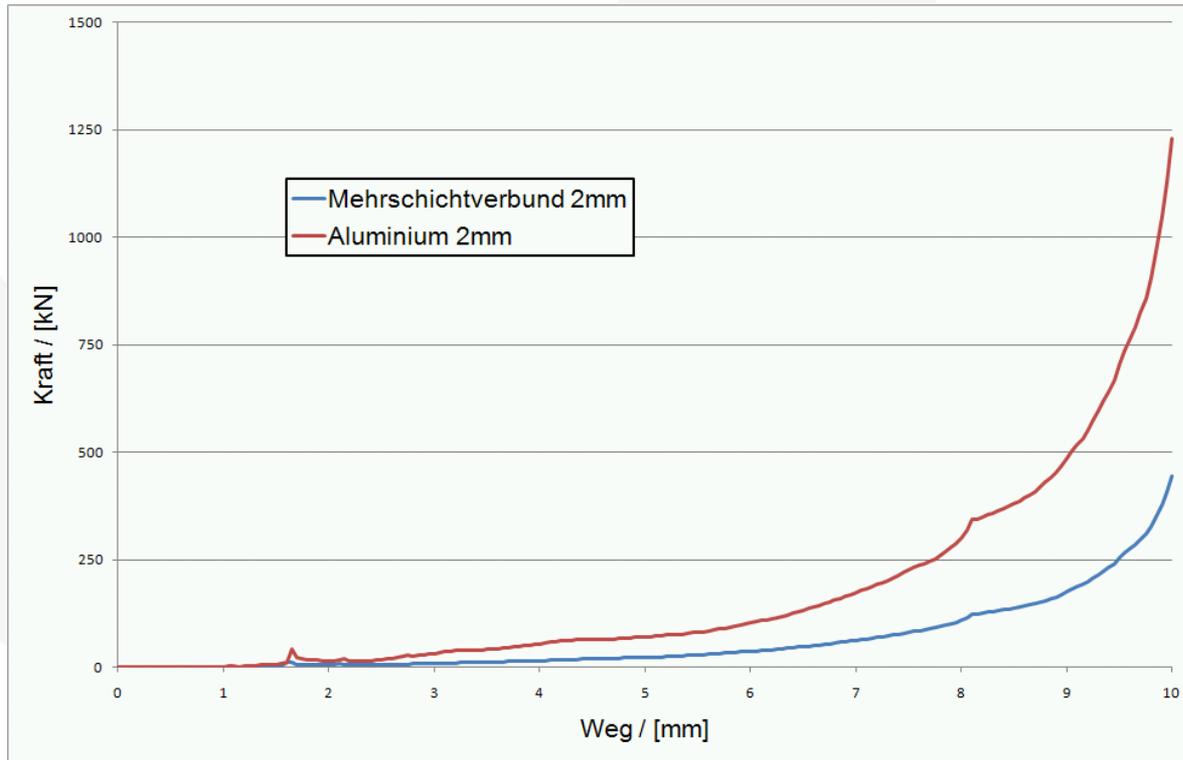
➤ Vergleich mit der Simulation



➤ Umformkraft

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

➤ Kraft-Weg Verlauf Simulation

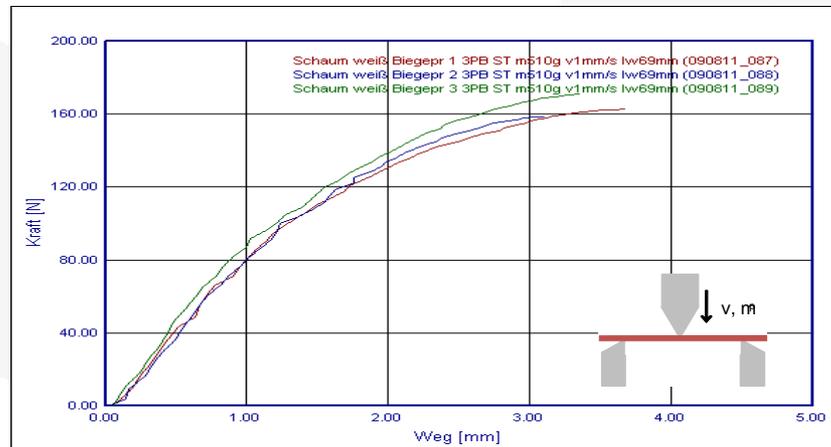


➤ **Klebung**

- Berücksichtigung zur Vorhersage von Delamination

➤ **Materialmodelle**

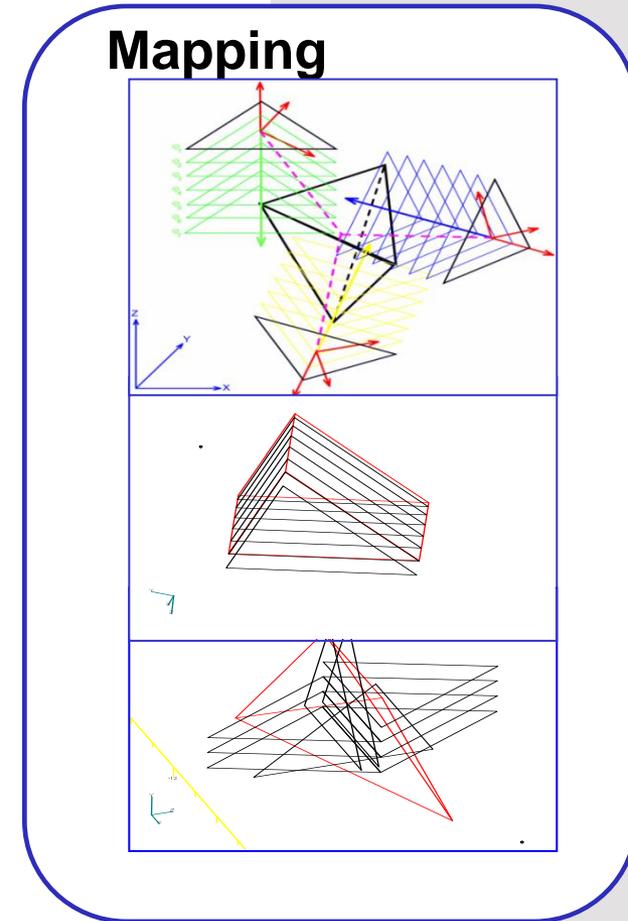
- FLD Anwendbarkeit überprüfen
- Dynamische Materialdaten (CRASH)
 - 4a Impetus



➤ 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

