

Internationaler Expertenkreis Automobil-Leichtbau
15. Europäische Automobil-Leichtbaukonferenz

–

9./ 10. Mai 2006

Bad Nauheim / Frankfurt

„Hybride Leichtbaustrukturen in Stahlblech-Leichtmetall Verbundguss

Univ.-Prof. Dr.-Ing. A. Bührig-Polaczek

Prof. Dr.-Ing. T. Röth

E. Baumeister

N. Nowack

T. Süssmann

1. **Hybridbauweise**
2. **Karosseriebauweisen**
3. **Grundprinzip**
4. **Herstellung**
5. **Verbindungsarten**
6. **Leichtbaupotentiale**
7. **Herausforderung**
8. **Temperatureinfluss auf Stahlblech**
9. **Korrosion**
10. **Prüfkörperuntersuchungen**
11. **Leistungsgüte**
12. **Zusammenfassung/Ausblick**
13. **Kontakt**

Definition Hybridbauweise:

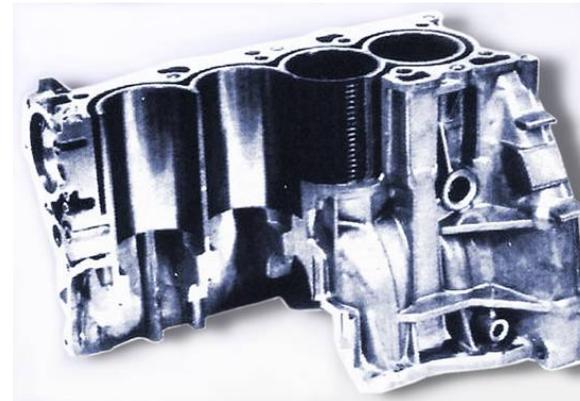
Eine Hybridstruktur ist eine Materialmischbauweise, welche ohne die Anwendung von kalten oder warmen Verbindungs- oder Fügetechnologien erzeugt wird. Der Materialverbund wird alleine dadurch erzeugt, dass mindestens ein Werkstoff in urformender Fertigung (i.d.R. spritzen, gießen oder sintern) mit einer weiteren Werkstoffkomponente verbunden wird. Die Verbindung kann sowohl form- als auch stoffschlüssig sein.

Heute bekannte:

Metall-Kunststoff-Hybridbauweise in der Fahrzeugkarosserie:

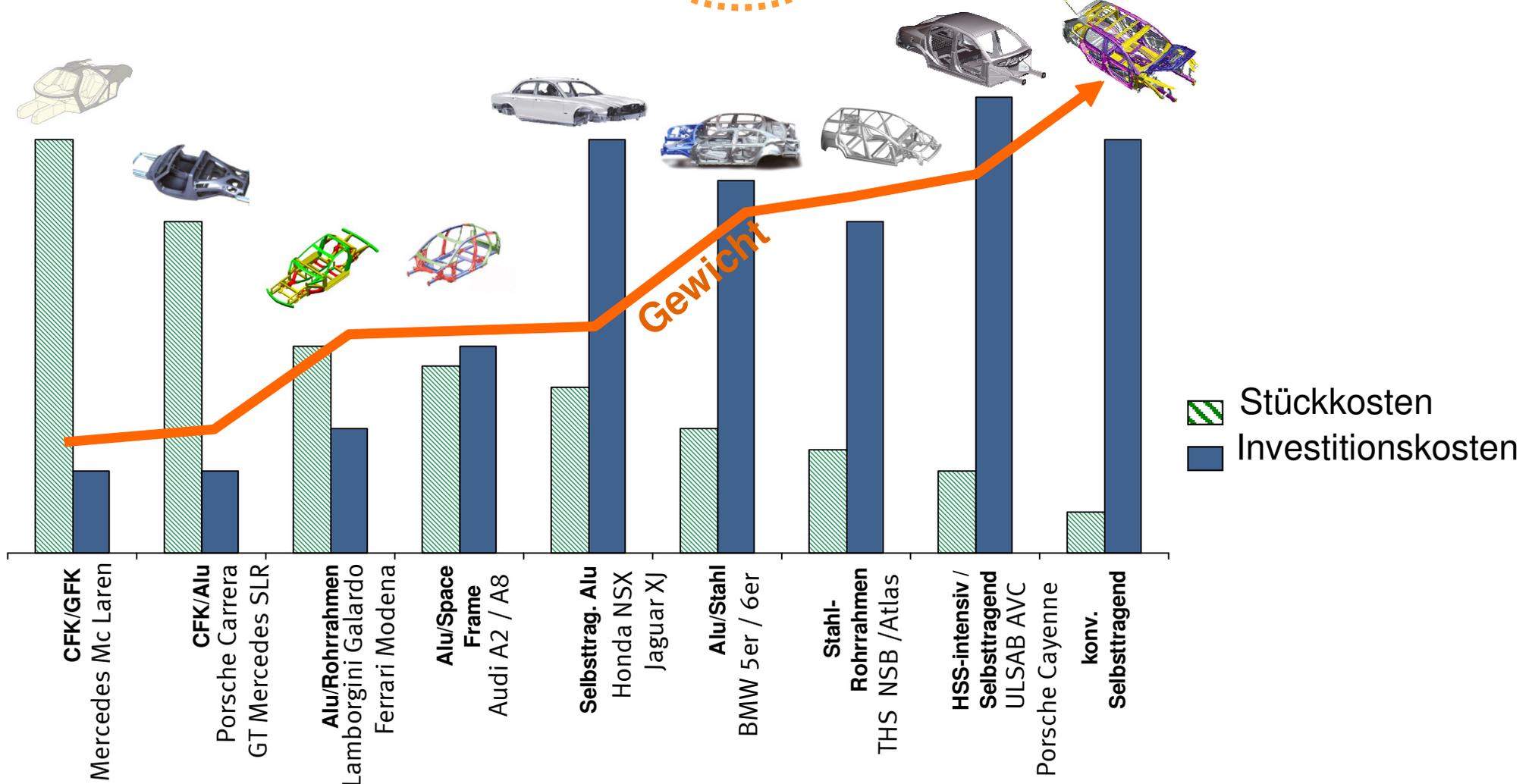


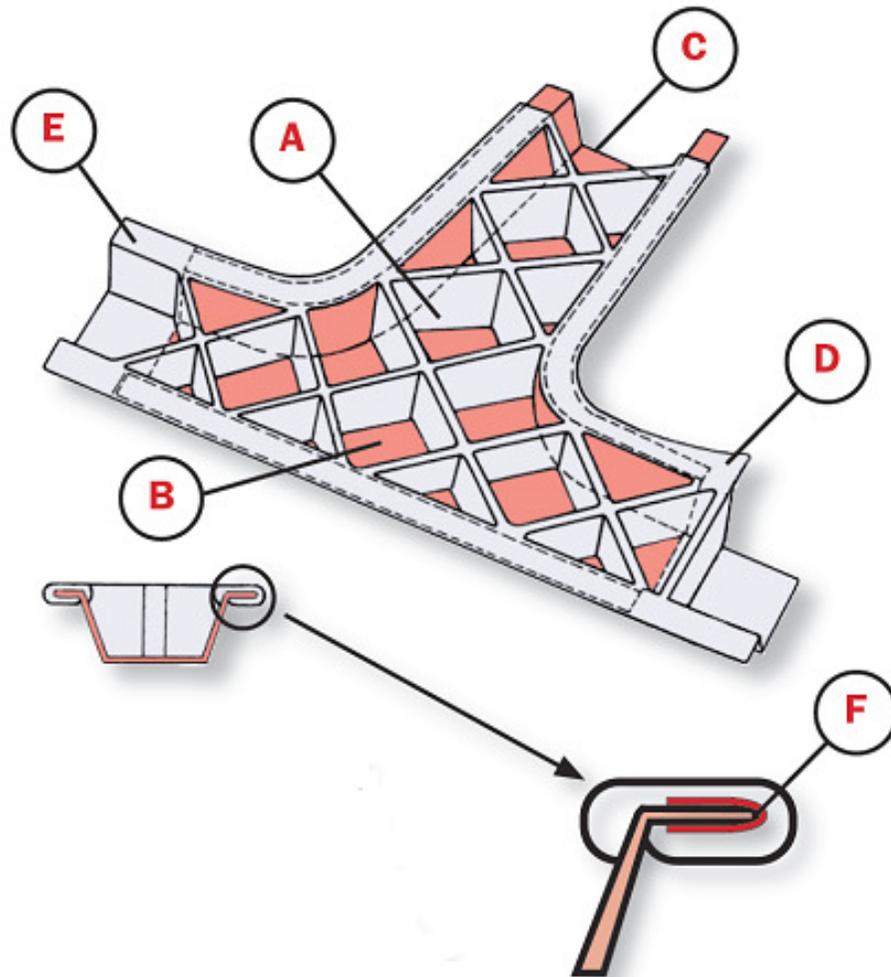
Stahl-Leichtmetallverbundguss im Motorenbau



Dünnwandige Stahl-Leichtmetall-Hybride in der Fahrzeugkarosserie von Morgen ?

Stückzahlen



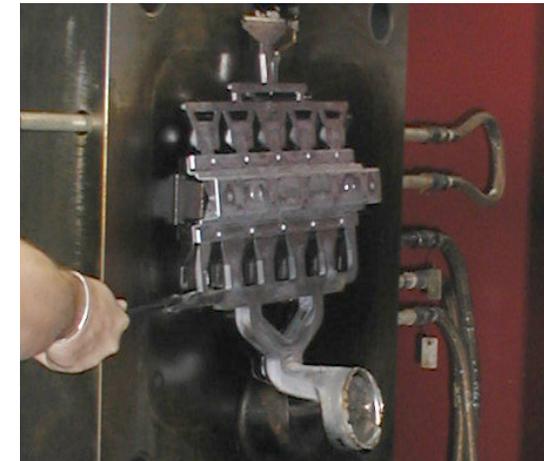
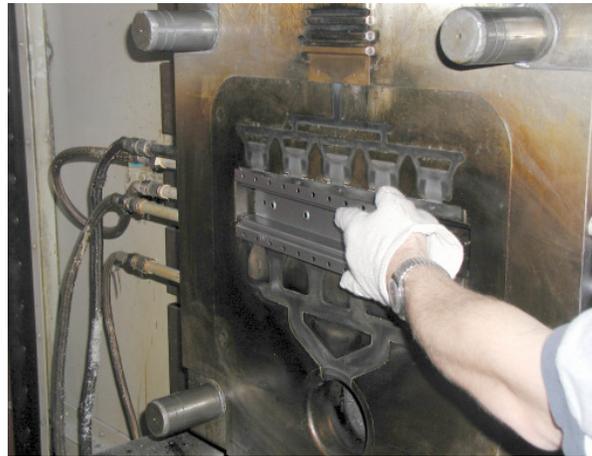


Stahlblech

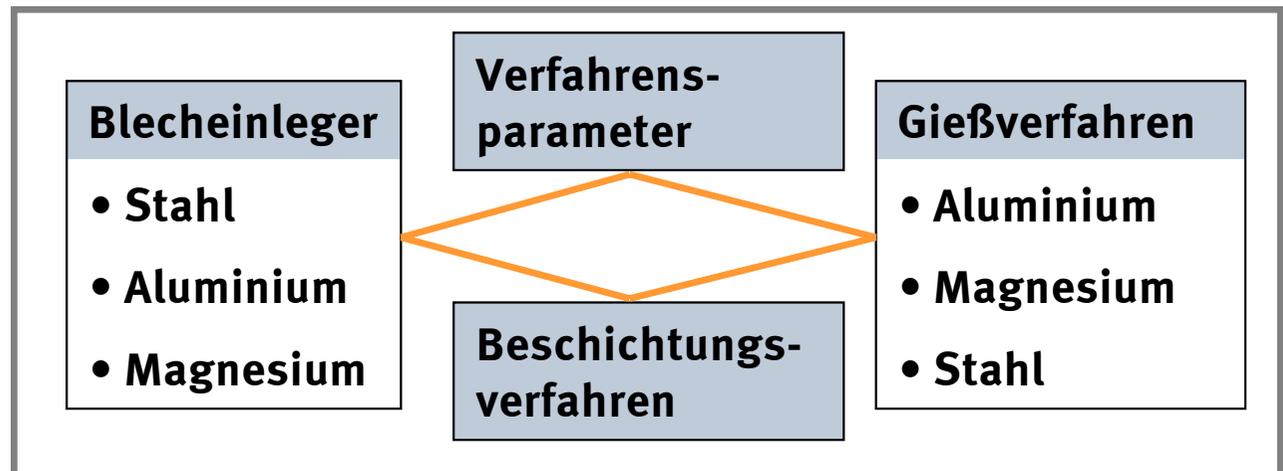
LM-Guss

- A) Gussstruktur (teilweise verrippt)
- B) Stahlblech (auch HSS oder UHSS)
- C) Exmpl. Anschluss Stahl-Blechschaalen
- D) Exmpl. Anschluss Al-Stangpressprofil oder Gussstruktur
- E) Exmpl. Anschluss Al-Blechschaalen
- F) Interkristalline Grenzschicht

Ein „**Stahlblech-Leichtmetall-Hybrid**“ ist eine Materialmischbauweise, welche **ohne Anwendung von kalten oder warmen Verbindungsverfahren** erzeugt wird. Der Materialverbund wird alleine dadurch hergestellt, dass mindestens ein Leichtmetallwerkstoff in urformender Fertigung (An-, Ein-, oder Umgießen) mit einer weiteren Werkstoffkomponente in Stahlblech oder -guss verbunden wird. Die Verbindung kann sowohl form- als auch stoffschlüssig sein. Es stellen sich neue Bauteileigenschaften ein, welche sich i.W. durch eine sehr hohe Leichtbaugüte und eine hohe Integrationsfähigkeit auszeichnen.



Blecheinlegen → Gussprozess → Bauteilentnahme

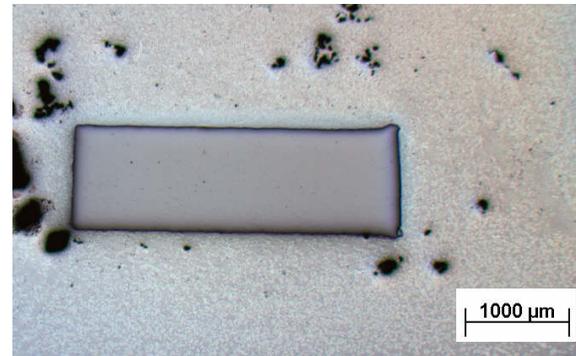


Kombinationsmöglichkeiten zur Erzeugung von Hybriden in metallischem Verbundguss

Formschlüssige Verbindungen

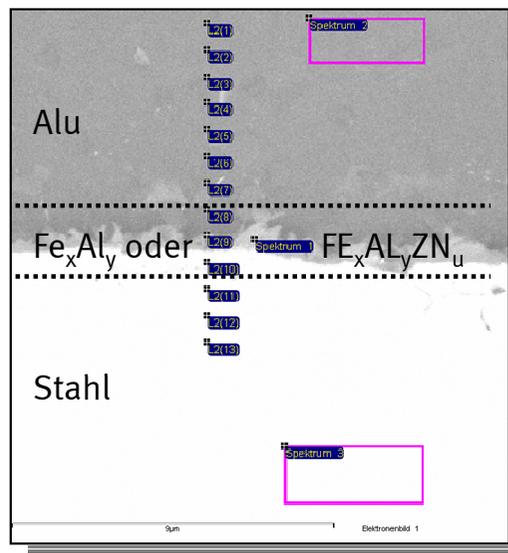
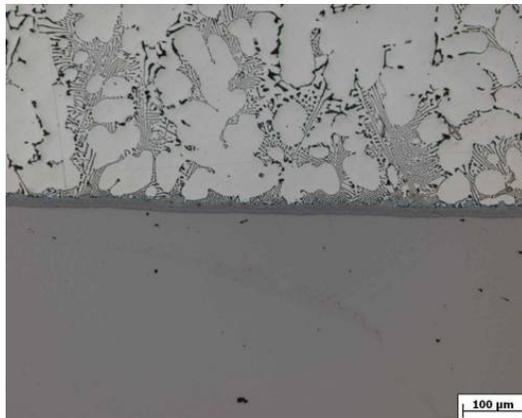


Formschluss des Flansches im gelochten Randbereich (hier mit Mag59)



- Blechöffnungen
- Umguss
- Hinterschnitt

Stoffschlüssige Verbindungen

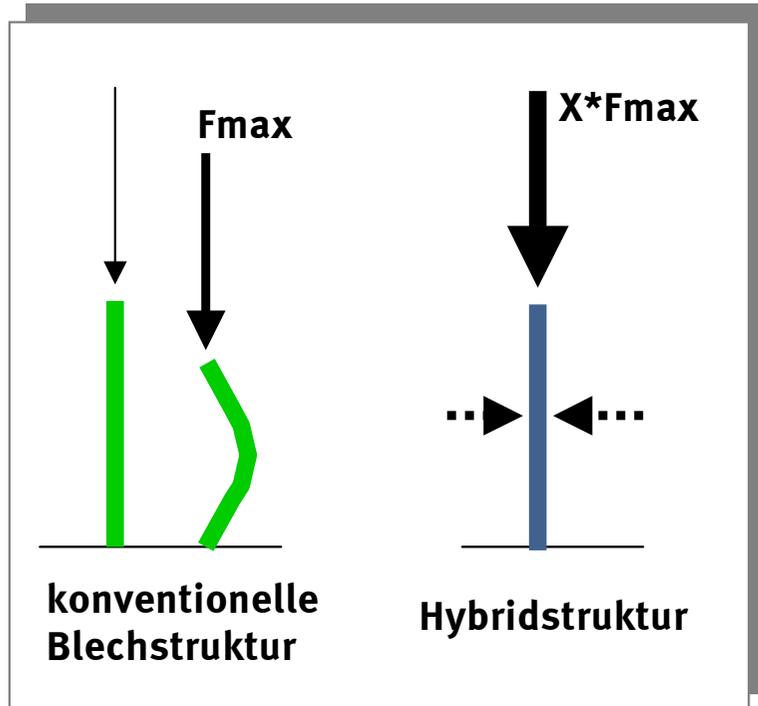


Spektrum	In Statistik	Mg	Al	Si	Mn	Fe	Zn	Summe
Spektrum 1	Ja	0.11	57.72	10.01	1.08	28.93	2.15	100.00
Spektrum 2	Ja	-0.03	81.19	15.20	0.07	0.57	3.00	100.00
Spektrum 3	Ja	0.07	0.40	0.43	1.56	97.31	0.23	100.00
L2(1)	Ja	0.02	86.74	9.40	0.07	0.40	3.38	100.00
L2(2)	Ja	-0.08	83.11	13.19	-0.05	0.67	3.16	100.00
L2(3)	Ja	-0.01	86.34	9.58	-0.09	0.79	3.39	100.00
L2(4)	Ja	-0.05	65.53	30.83	0.13	0.91	2.66	100.00
L2(5)	Ja	0.03	87.53	6.41	-0.04	0.84	5.22	100.00
L2(6)	Ja	-0.05	90.44	5.02	0.01	0.92	3.66	100.00
L2(7)	Ja	-0.03	91.10	4.33	-0.27	0.97	3.90	100.00
L2(8)	Ja	-0.03	78.24	16.71	-0.01	1.72	3.37	100.00
L2(9)	Ja	-0.01	71.20	15.15	0.36	10.40	2.91	100.00
L2(10)	Ja	-0.02	22.72	4.60	1.38	69.97	1.35	100.00
L2(11)	Ja	0.12	0.59	0.40	0.67	97.55	0.67	100.00
L2(12)	Ja	0.05	0.26	0.30	0.84	98.70	-0.15	100.00
L2(13)	Ja	0.36	0.47	1.04	0.23	98.61	-0.72	100.00
Durchschnitt		0.03	56.47	8.91	0.37	31.83	2.39	100.00
Standardabweichung		0.10	37.35	8.09	0.56	43.27	1.65	
Max.		0.36	91.10	30.83	1.56	98.70	5.22	
Min.		-0.08	0.26	0.30	-0.27	0.40	-0.72	

Alle Resultate in Massen%

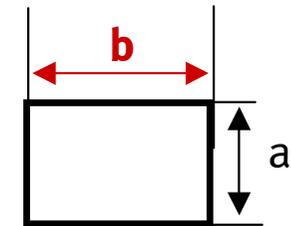
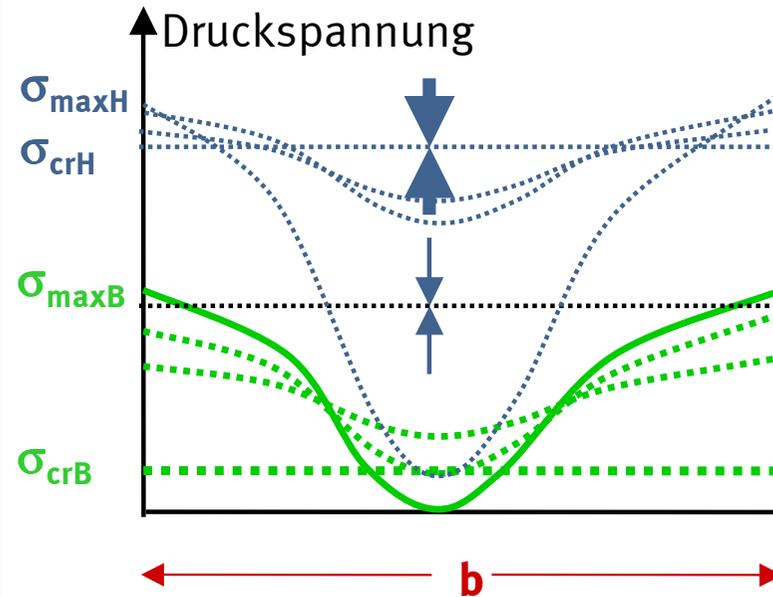
Spektralanalyse für einen beispielhaften Stoffverbund von Stahl-Aluminium

Hohe Strukturleistungsfähigkeit von Hybriden durch Beschränkung von lokalen Ausbeulvorgängen



B: Konventionelle Blechschalenbauweise

H: Hybridbauweise



σ_{cr} = kritische Beulspannung

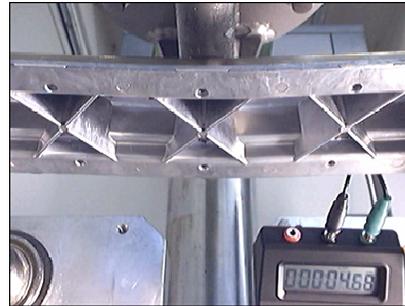
σ_{\max} = maximale Beulspannung

b = Plattenbreite in einem Profil

Biegung über die geschlossene Profilseite



Versagensanalyse eines ST-LM-Hybrids



s = 8,0 mm

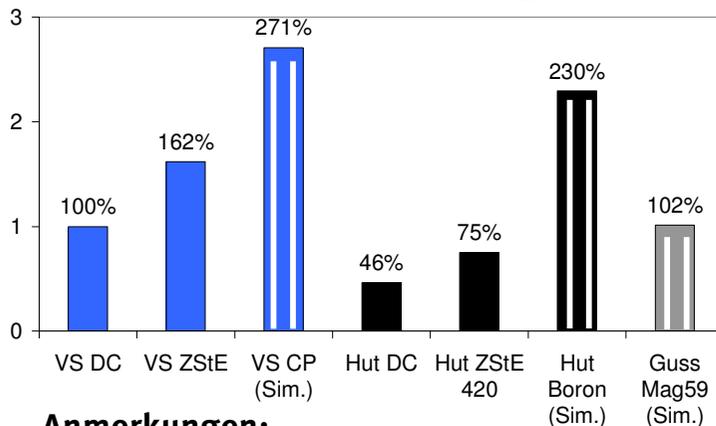


s = 30,5 mm



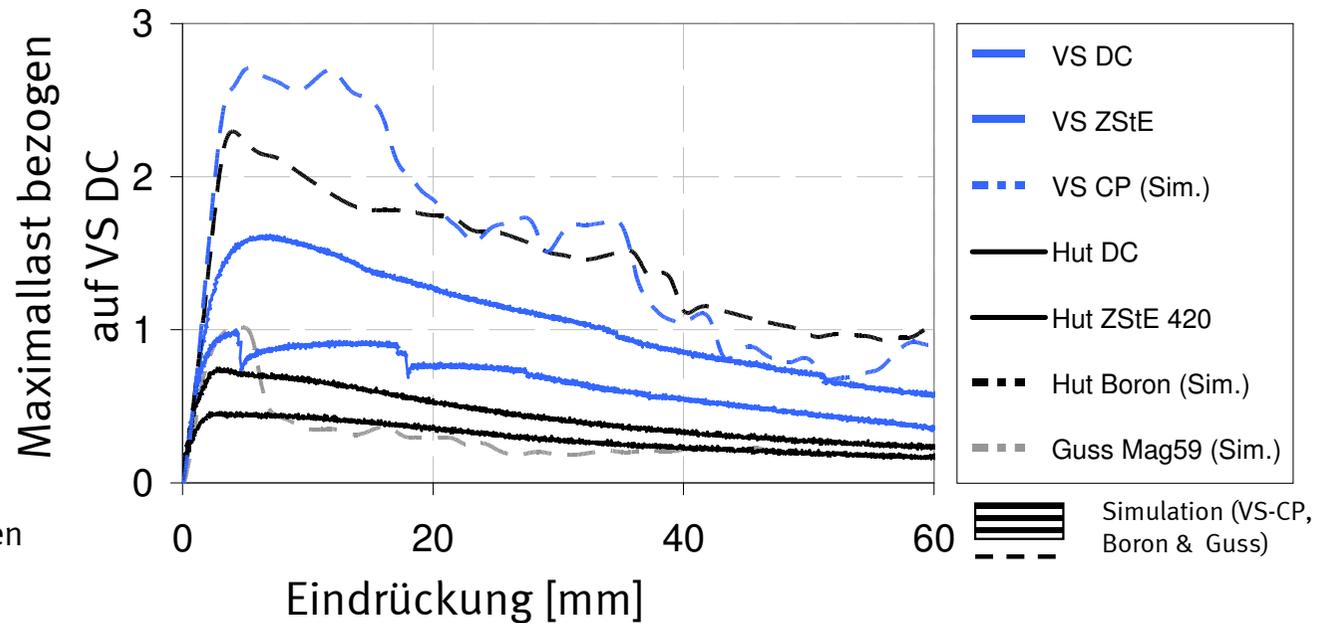
s = 52,5 mm

Maximallastwerte im Vergleich



Anmerkungen:

- Alle Profile mit gleichem Gewicht! Wandstärken auf Optimum angepasst.
- Keine Topologieoptimierung für VS.





Stauchung in Hybridlängsrichtung

Versagensanalyse eines ST-LM-Hybrids



$s = 5,0 \text{ mm}$

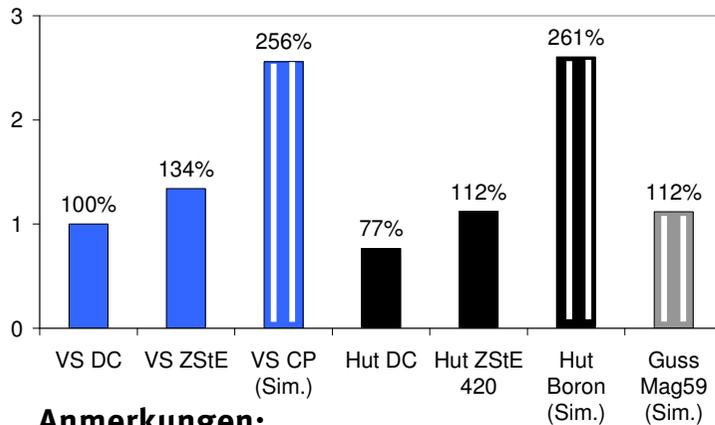


$s = 12,5 \text{ mm}$



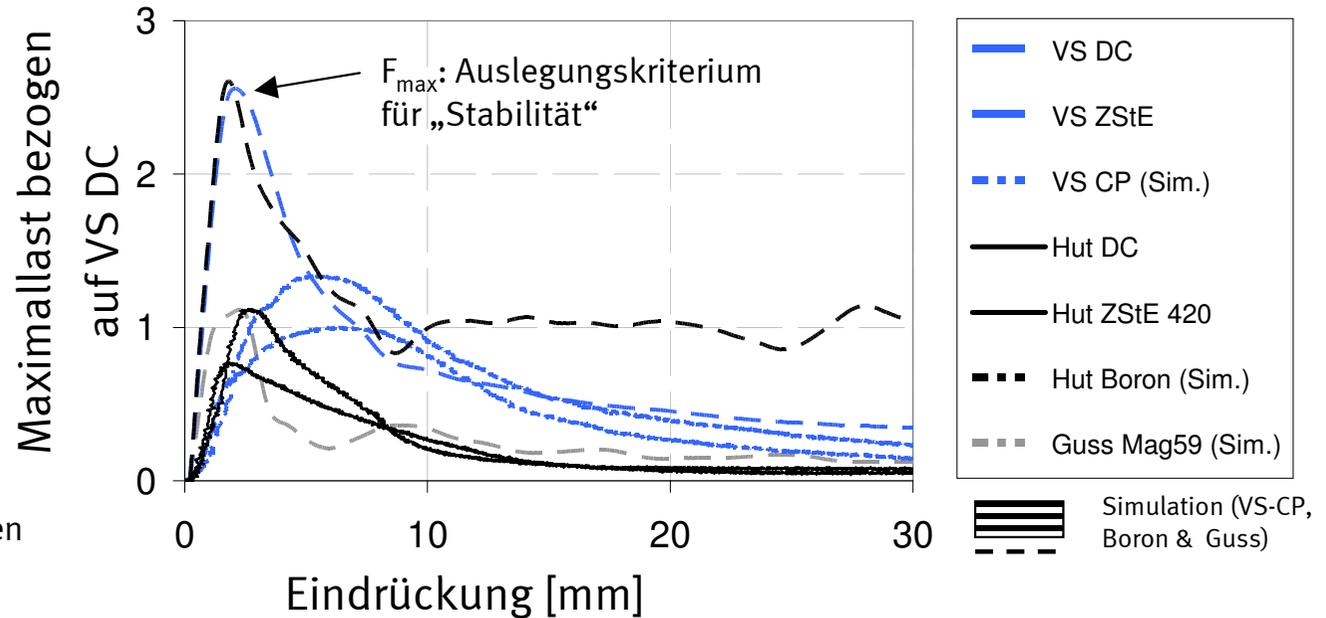
$s = 20,0 \text{ mm}$

Maximallastwerte im Vergleich



Anmerkungen:

- Alle Profile mit gleichem Gewicht! Wandstärken auf Optimum angepasst.
- Keine Topologieoptimierung für VS.



Herstellung

- Temperatureinfluss
 - Eigenspannungen
 - Bauteilverzug
 - Maßhaltigkeit
 - Oberflächen
 - Schweißbarkeit
 - Grenzschicht
 - Fertigungssimulation
 - Wirtschaftlichkeit
- (Wertschöpfungsgrenzen)

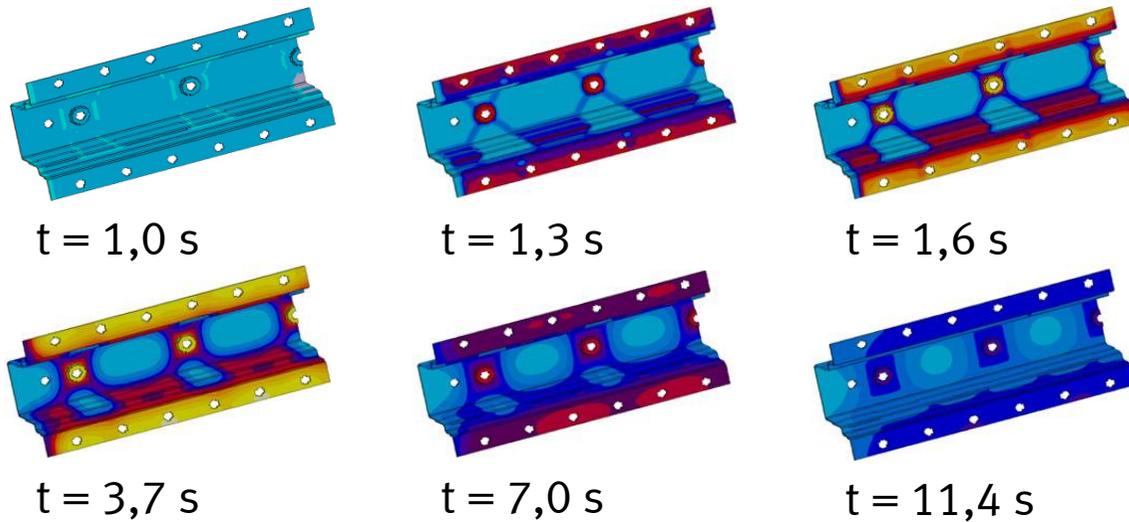
Bauteilfertigung

Fahrzeugmontage

Produkteigenschaften

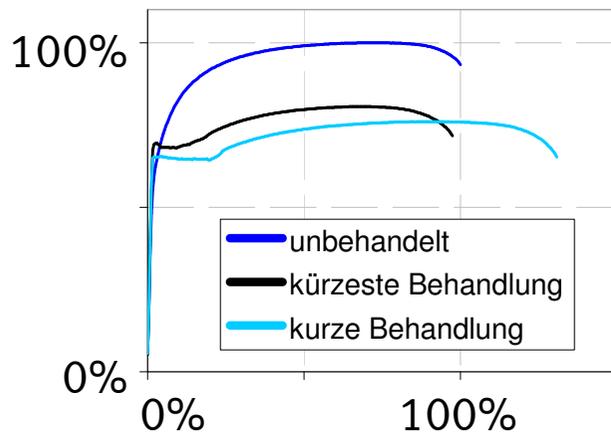
Fahrzeug

- Betriebsfestigkeit
- Verformungsverhalten
- Steifigkeiten
- Schwingungsverhalten
- Akustik
- Korrosion
- Optimierungsmethoden
- Integrationsgrenzen
- Anwendungen

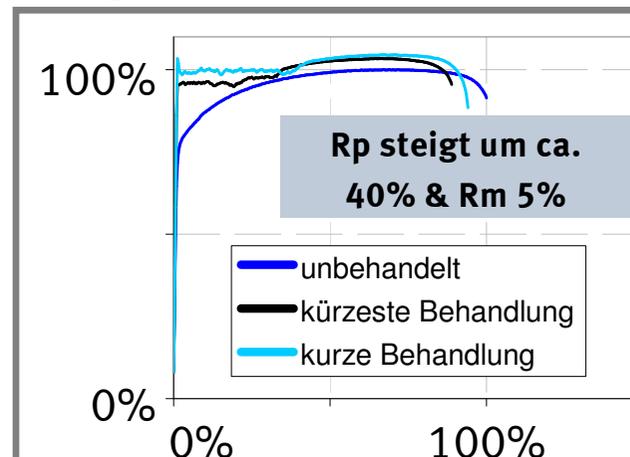


Gießsimulation:
 Temperaturverteilung im
 Blecheinleger (MAGMASOFT®)
 Gießtemperatur ca. 600°C
 Einlegetemperatur ca. 20°

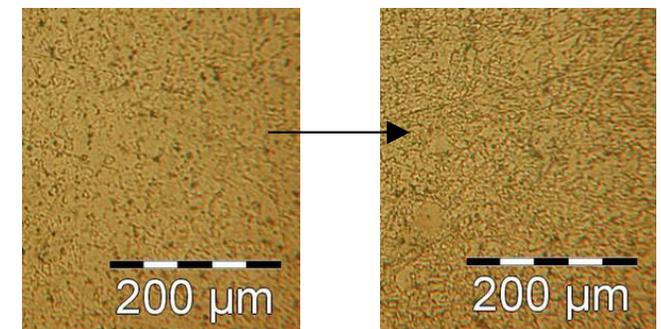
Spannungs-Dehnungsdiagramme bezogen auf das unbehandelte Material



Weniger gut verwendbares Blech



Gut verwendbares Blech



unbehandelt

kurz behandelt

Schliffbilder

Korrosionswechseltest nach VDA 621- 415

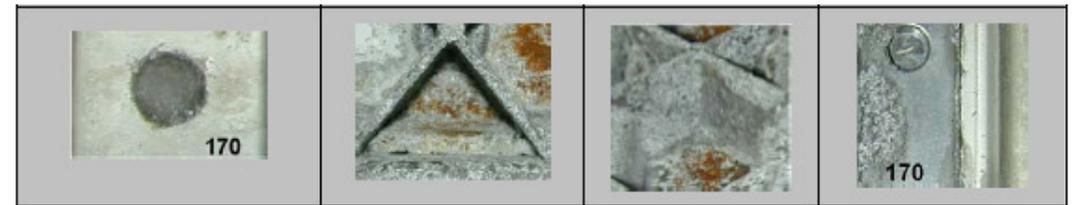
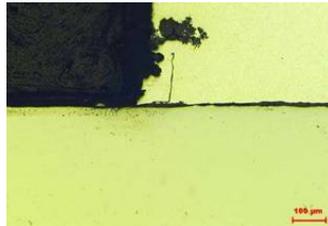
Der Test umfasst vier Prüfzyklen (verschärfte Bedingung!) die hintereinander durchgeführt werden.

Ein Prüfzyklus dauert 7 Tage und besteht aus:

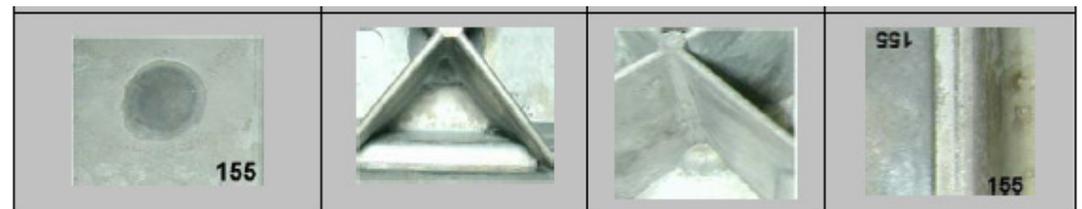
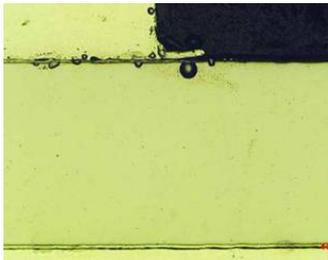
- 1 x 24 h Salzsprühtest gemäß DIN 50021
- 4 x 24 h Kondenswasser - Wechselklima gemäß DIN 50017 KFW
- 2 x 24 h Raumtemperatur 18 ... 28°C DIN 50014

Nach dem Test

Hoher Korrosionsbefall: Ohne Beschichtung und Oberflächenbehandlung



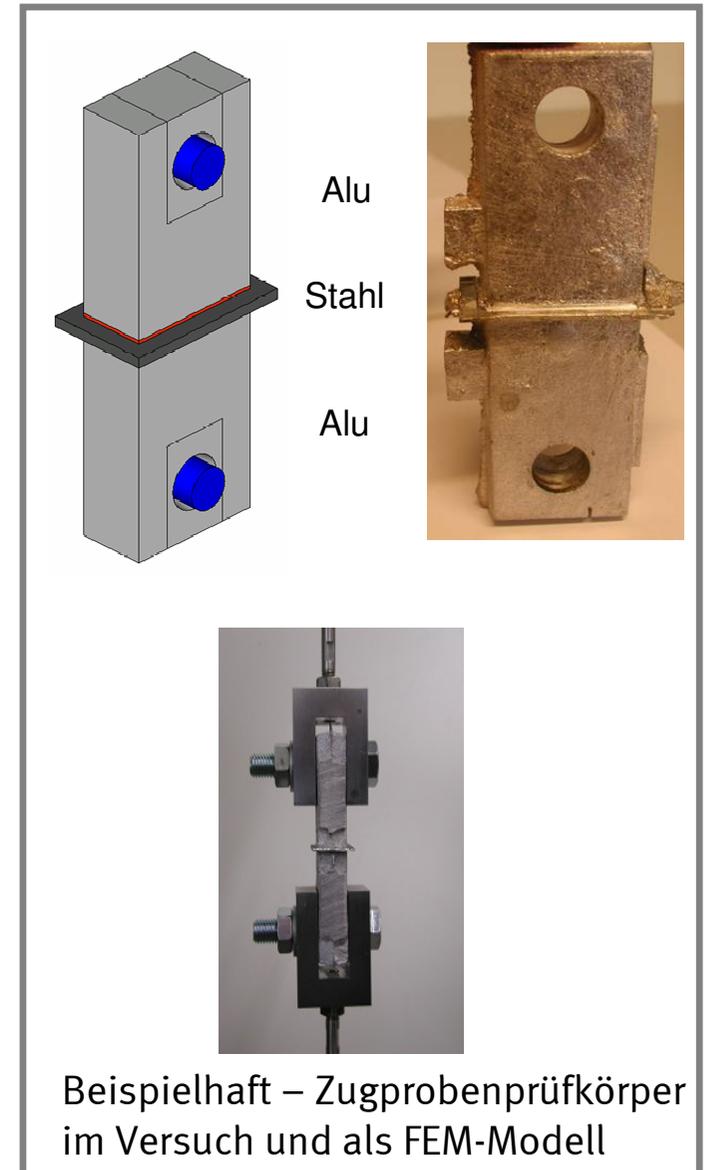
Kein Korrosionsbefall: Optimale Beschichtung, Fertigungsparameter und Werkstoffwahl



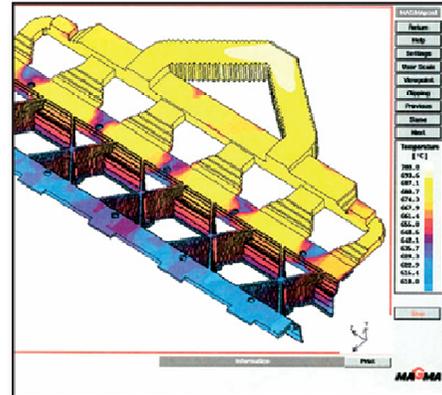
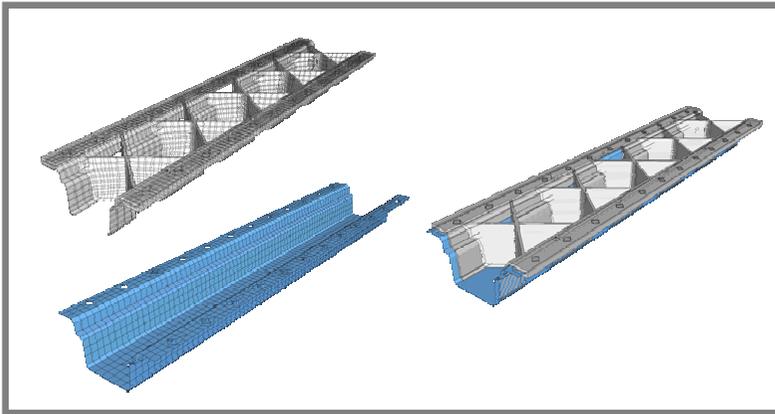
Umfangreiche Untersuchungsmatrix u.a. zur Grenzschichtbestimmung mit Zug-/Druck-/Schub- und Torsionsprüfkörpern.

Parameterauszug:

- Trägerblech
 - Materialarten (IS, IF, DP, ZStE, Trip, CP, MSW, PM, Alu-Bleche)
 - Oberflächenbeschaffenheit
 - Temperatureinfluss des Gießprozesses
- Beschichtung
 - Materialarten (z.B. Zink, Alu, Eisen, Zinn, Organische Beschichtungen, Kombinationen)
 - Zusatzmittel, Beschichtungsverfahren.
- Guss
 - Materialarten (Alu, Magnesium)
 - Gussverfahren und Prozessparameter
 - Verfahrensergänzungen

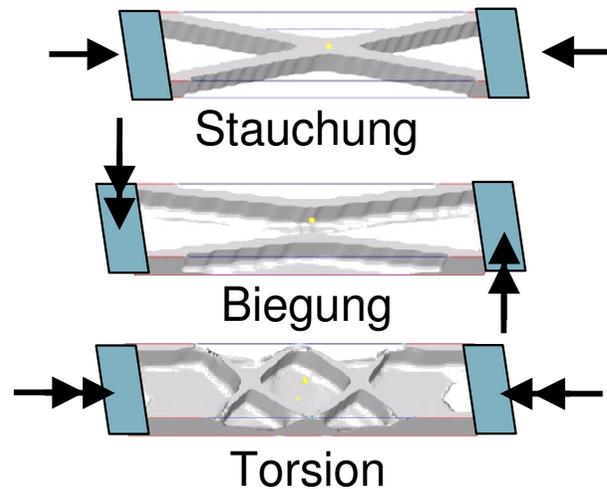


„Best Practice“: Methoden für die Auslegungsberechnungen

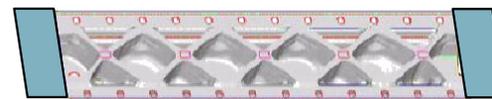


- Verbindungsmodellierung
- Diskretisierungstiefe
- Fertigungshistorie
- Versagensabbildung
- Validierungsgrenzen

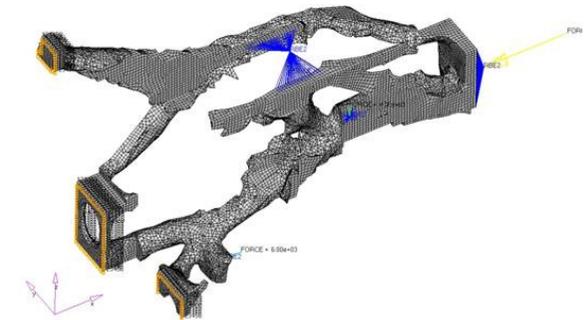
Topologieoptimierung der Gussstruktur im Zusammenspiel mit der Topographieoptimierung des Stahlbleches für auslegungsrelevante Hauptlastfälle!



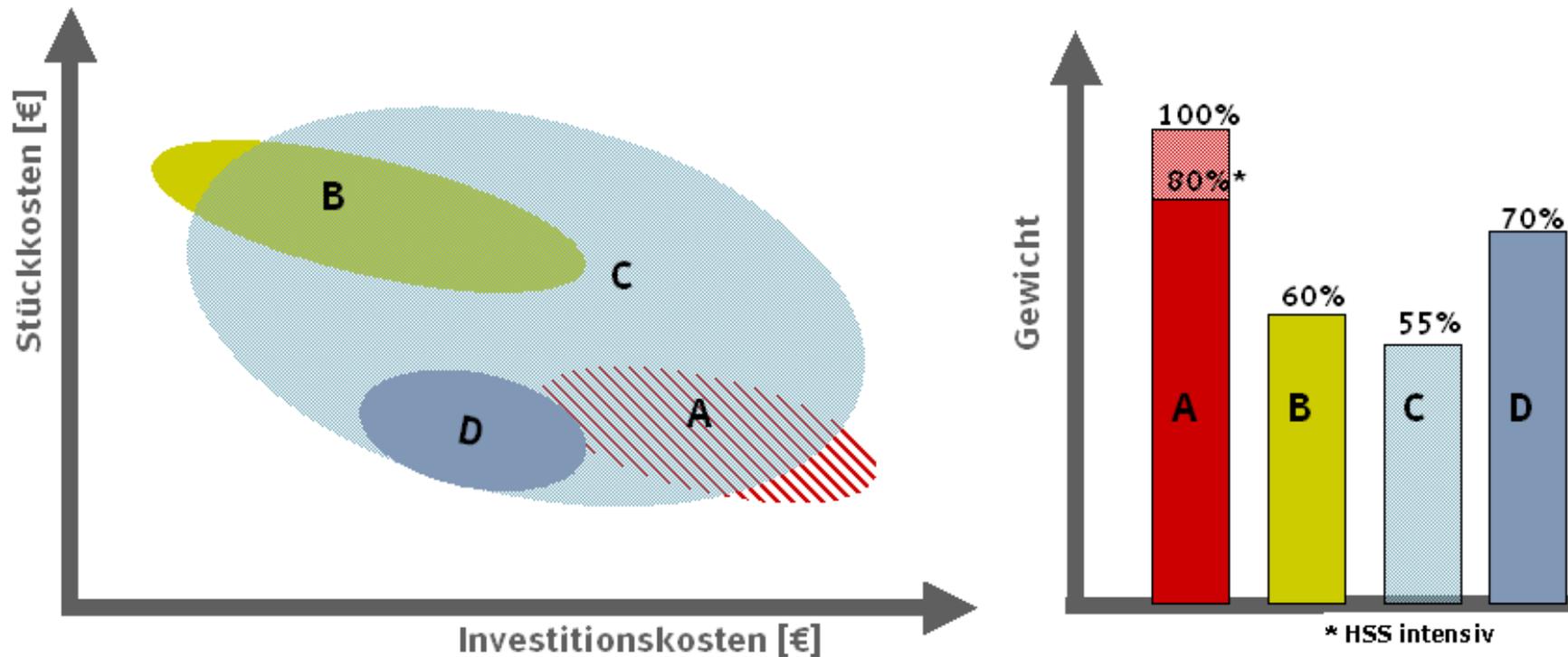
Zusammengefasste Topologieoptimierung der Hauptlastfälle des ST-LM-Hybrids



Beispiel:
Topologieoptimierung
„Pkw-Vorderwagen“

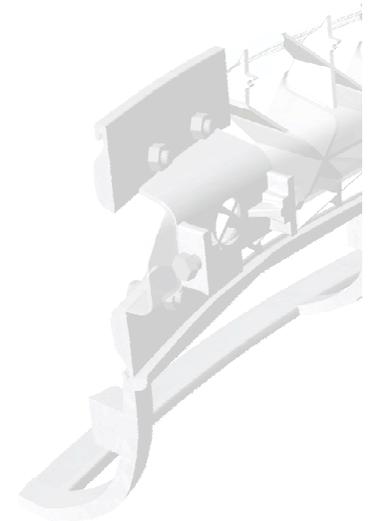


Prinzipieller Zusammenhang: Kosten – Gewicht



- A) Konventionelle BIW (* HSS-intensiv)
- B) Aluminum Spaceframe Strukturen
- C) ST-LM-Verbundguss – leistungs- und gewichtsoptimal
- D) ST-LM-Verbundguss – kostenoptimal

- Stahl-Leichtmetall-Hybride mit hohen Leistungspotentialen können heute wirtschaftlich abgebildet werden.
- Offene Querschnitte und hohes Integrationspotential von ST-LM-Hybriden liefern ein weites Anwendungsspektrum („Design to Target“-Lösungen).
- ST-LM-Hybride können weitestgehend durch konventionelle Fertigungsverfahren für Blecheinleger, Beschichtung und Guss erzeugt werden.
- Es erschließt sich eine Vielzahl möglicher Anwendungsbereiche.
- Simulationsmethoden bedürfen noch weiterer Untersuchungen.
- Optimierungspotentiale mit ST-LM-Hybriden sind noch nicht ausgereizt. Evolution!
- Nächster Schritt: Konkrete Bauteilumsetzung!



Tower Automotive

Tech Center North Europe
De-Gasperi-Straße 8
51469 Bergisch Gladbach

R. Krähe

Tel.: +49 - (0)2202 - 103 - 126
Fax: +49 - (0)2202 - 103 - 240
E-Mail: kraehe.ralf@towerautomotive.de

Imperia GmbH

Automotive Engineering
Soerser Weg 9
52070 Aachen

Prof. Dr.-Ing. T. Röth

Tel.: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-10
Fax: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-20
E-Mail: roeth@imperia.info

N. Nowack

Tel.: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-14
Fax: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-20
E-Mail: nowack@imperia.info

T. Süßmann

Tel.: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-31
Fax: +49 - (0)2 41 - 6 08 33-20
E-Mail: suessmann@imperia.info

RWTH Aachen Gießerei-Institut

Intzestr. 5
52072 Aachen

Prof. Dr.-Ing. A. Bührig-Polaczek

Tel.: +49 - (0)241 - 80-95880
Fax: +49 - (0)241 - 80-92276
E-Mail: sekretariat@gi.rwth-aachen.de

E. Baumeister

Tel.: +49 - (0)241 - 80-96542
Fax: +49 - (0)241 - 80-92276
E-Mail: e.baumeister@gi.rwth-aachen.de

Fachhochschule Aachen Luft- & Raumfahrttechnik

Hohenstaufenallee 6
52064 Aachen

K. Brittner

Tel.: +49 - (0)241 - 6009-2307
Fax: +49 - (0)241 - 6009-2680
E-Mail: brittner@fh-aachen.de