

# Innovative Kunststoffanwendungen für ein kleines Stadtbuskonzept

VDI-Fachkonferenz „Kunststoffe in Nutzfahrzeugen 2017“  
29. / 30. März 2017, Mannheim

Kopp, Ge. (DLR FK)  
Müller, A. (HS Esslingen)  
Deißer, O. (DLR FK)  
Beyer, S. (HS Esslingen)



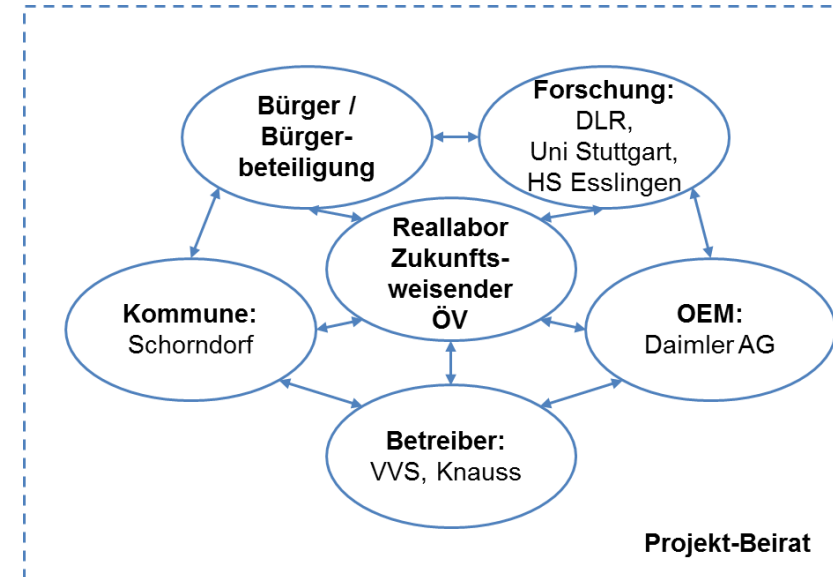
Wissen für Morgen



# Projekt Reallabor Schorndorf

Zukunftsweisender ÖV – Bürgerorientierte Optimierung der Leistungsfähigkeit, Effizienz und Attraktivität im Nahverkehr

- Idee eines innovativen Konzepts zur Bedienung im ÖPNV
- Konzeption als haltestellenloses Quartiersbussystem
- Umsetzung der Ideen und Ansätze als Pilot in Realumgebung
- Gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg



SCHORNDORF »  
DIE DAIMLERSTADT



**Knauss**  
LINIENBUSSE



Mercedes-Benz  
Vans. Born to run.



Hochschule Esslingen  
University of Applied Sciences

Universität Stuttgart  
**zirius**  
Zentrum für Innovationspolitik, Risiko- und Innovationsforschung



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST



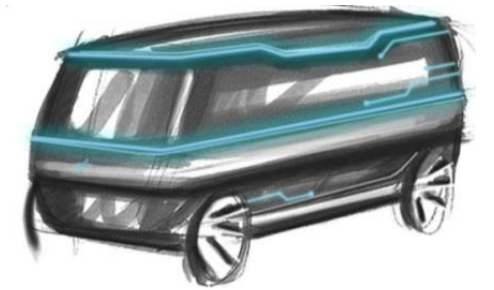
WISSENSCHAFT FÜR  
NACHHALTIGKEIT





# Projekt Reallabor Schorndorf - Ausgangssituation

- Derzeit wird der Busverkehr in Schorndorf mit großen Omnibussen realisiert (>30 Sitzpl.)
- Schwache Auslastung der Busse außerhalb der Stoßzeiten
- Im Rahmen des Reallabors wird der Einsatz kleinerer Bus-Konzepte erprobt
- **Aus den Anforderungen und Erfahrungen aus dem Projekt wird ein neues, innovatives Fahrzeugkonzept für den Einsatz in dem neuen Bedienkonzept entwickelt.**
- Neben der digitalen Entwicklung wird ein Mock-Up im Maßstab 1:5 aufgebaut



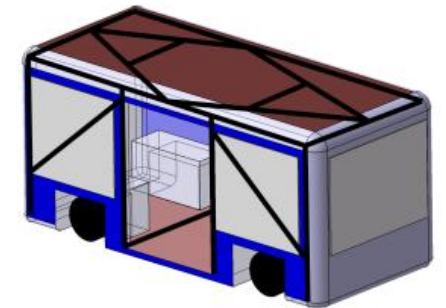
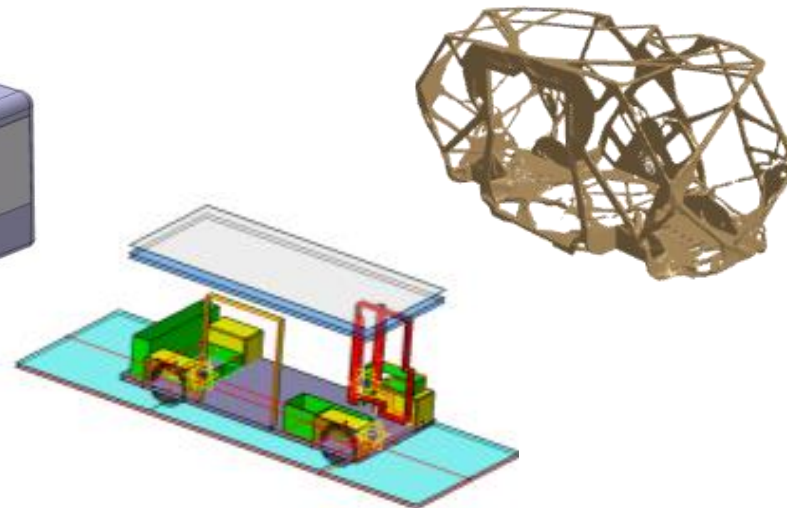
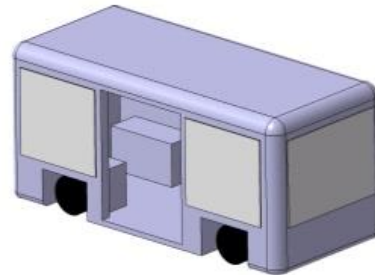
Bildquellen: eigene Aufnahmen und Darstellungen, Daimler AG



# Vorgehensweise Fahrzeugkonzeption

1. **Anforderungsanalyse** aus Kunden / Busnutzer, Betreiber, Bedienkonzept, Stadt / Infrastruktur, Gesellschaft / Trends, Gesetzgebung / Umwelt, Fahrzeugtechnik / Innovationen
2. **Definition** der funktionalen und technischen **Anforderungen** an das **Gesamtkonzept** (z.B. Sitzplatzanzahl, Barrierefreiheit, ...)
3. Ableitung des **Fahrzeugkonzepts**, der Fahrzeugarchitektur und des Packages (Maßkonzept)
4. Analyse der optimalen Strukturlastpfade mittels **Topologieoptimierung**
5. **Bauweisenkonzeption**, Simulation und Dimensionierung der Fahrzeugstruktur

Sitzplätze	< 10	10 - 15	> 15
Niederflur / Fahrgastraum	Gegeben	Nicht gegeben	
Barrierefreiheit / rollstuhlgerecht	Gegeben	Nicht gegeben	
Antrieb	Elektrisch	Hybrid	Verbrennungsmotorisch
Wifi/WLAN	gegeben	Nicht gegeben	



# Zielsetzung Konzept und Karosseriebauweise

- Karosserie:
  - Bauweisen aktueller Fahrzeuge sehr unterschiedlich (auch abhängig von Einsatz, Modularisierungsvarianten und Stückzahlen)

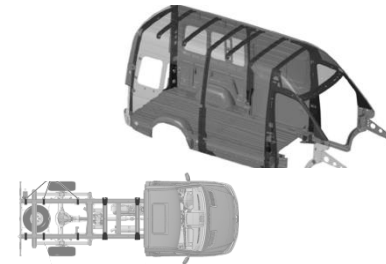


(Renault Espace)

Schalenbauweise, ggf.  
kombiniert mit Profilen, in  
Stahl, Alu, MMD, ...

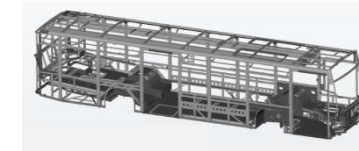


(Ford Transit)



(Daimler Sprinter)

Fahrgestell /  
Leiterrahmen mit  
Aufbau



(Daimler AG)

Rahmenbauweise  
(Edelstahl, Alu)  
mit Schubfeldern  
(Stahl, Alu,  
Kunststoff, ...)

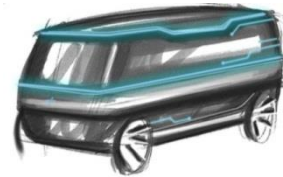
Größe / Sitzplatzkapazität / Nutzlast

Bildquellen: ARL2016, Buechner2013, Geutling2015, Renault2015a



# Zielsetzung Konzept und Karosseriebauweise

- Karosserie:



**Zielsetzung Konzept**  
(6 Sitzplätze, 4 Stehplätze,  
Länge < 5m;  
hochautomatisiert, elektrisch)

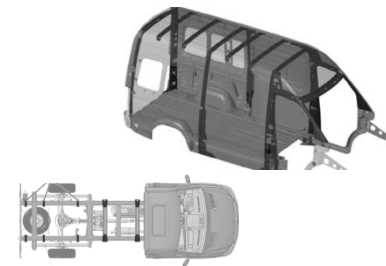


(Renault Espace)

Schalenbauweise, ggf.  
kombiniert mit Profilen, in  
Stahl, Alu, MMD, ...

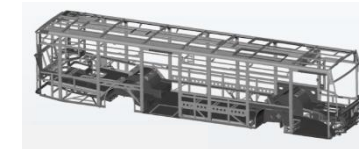


(Ford Transit)



(Daimler Sprinter)

Fahrgestell /  
Leiterrahmen mit  
Aufbau



(Daimler AG)

Rahmenbauweise  
(Edelstahl, Alu)  
mit Schubfeldern  
(Stahl, Alu,  
Kunststoff, ...)

Größe / Sitzplatzkapazität / Nutzlast

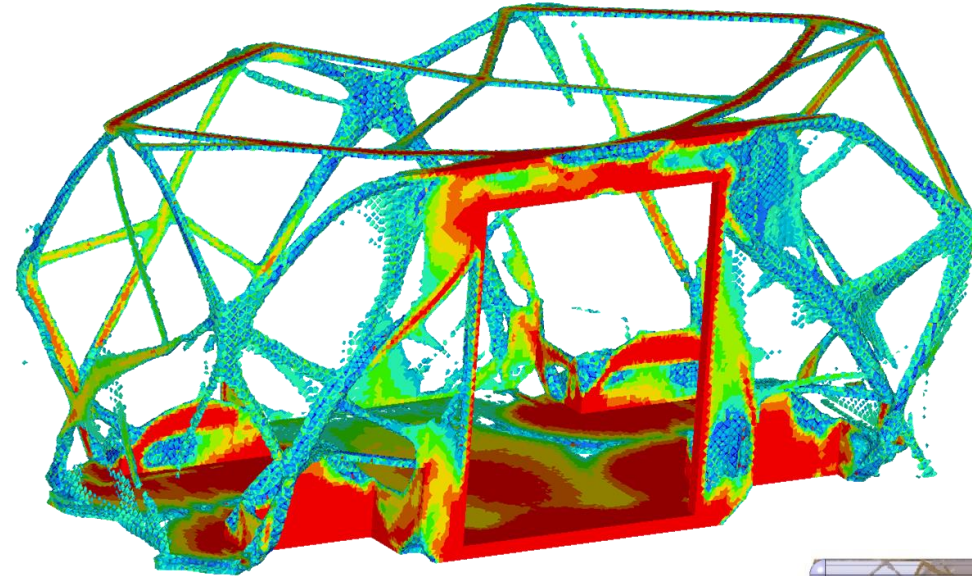
Bildquellen: ARL2016, Buechner2013, Geutling2015, Renault2015a



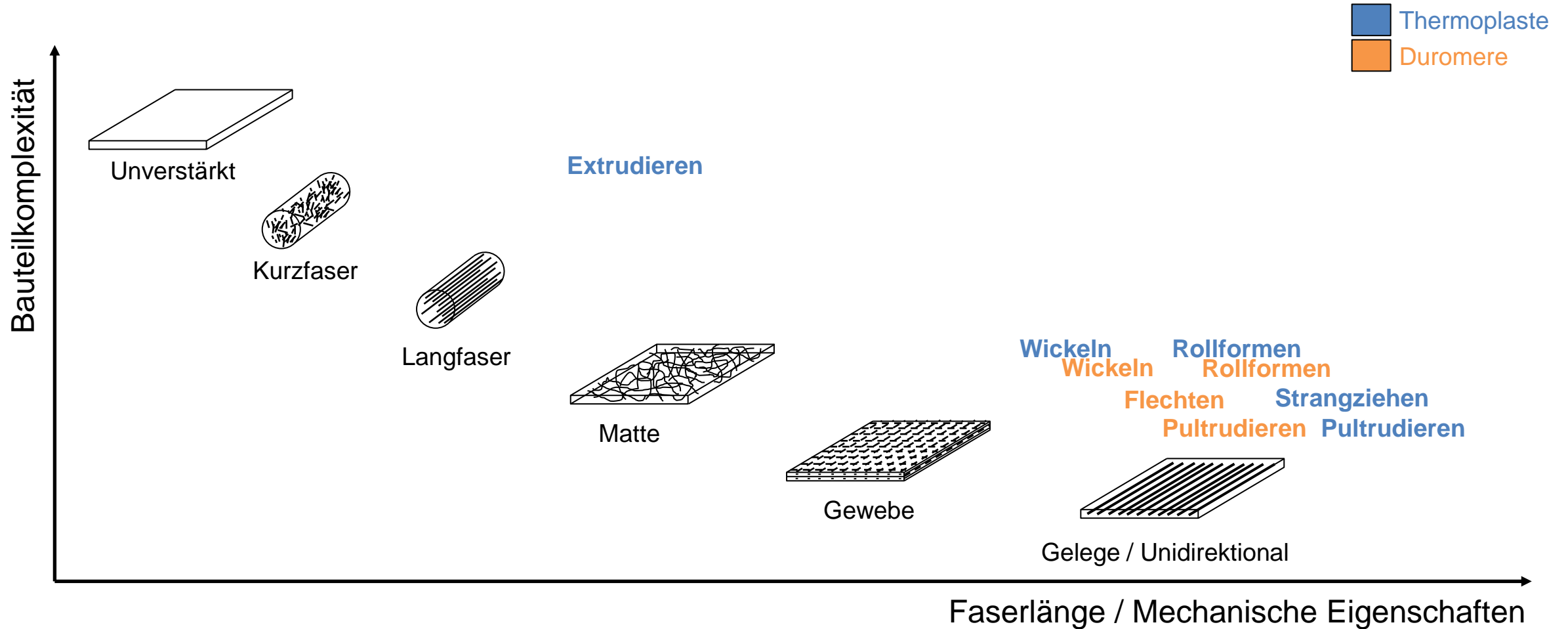


# Fahrzeugkonzept, Fahrzeugarchitektur und Strukturoptimierung

- Analyse von unterschiedlichen Anordnungen der Hauptkomponenten (Antriebsstrang, Speicher, Fahrwerk, Klimaanlage, Interieur, ...)
- Ableitung von Lastpfaden in der Struktur, abhängig von Komponentenanzordnung und Package
- In der Topologieoptimierung berücksichtigte Lasten:
  - Flächenlast Bodenstruktur
  - Torsionsmoment / Torsionssteifigkeit
  - Lokale Last im Einstiegsbereich



# Auswahlvarianten für faserverstärkten Kunststoffen für „profilartige Bauteile“ (Auszug)





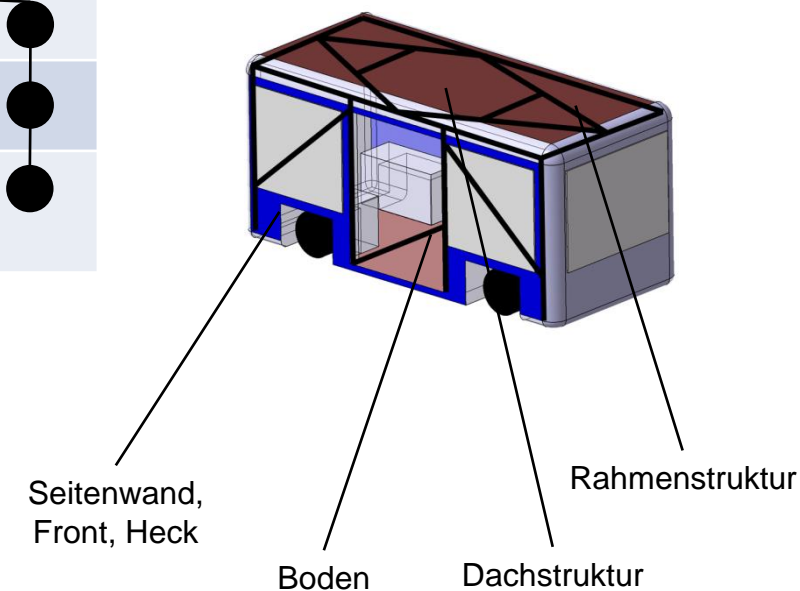
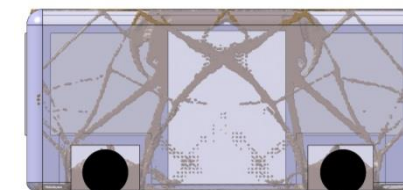


# Bauweisenkonzeption basierend auf Strukturoptimierungsergebnissen und möglichen Fertigungsverfahren

- Ableitung von Konzepten für möglichen Rohbauweisen

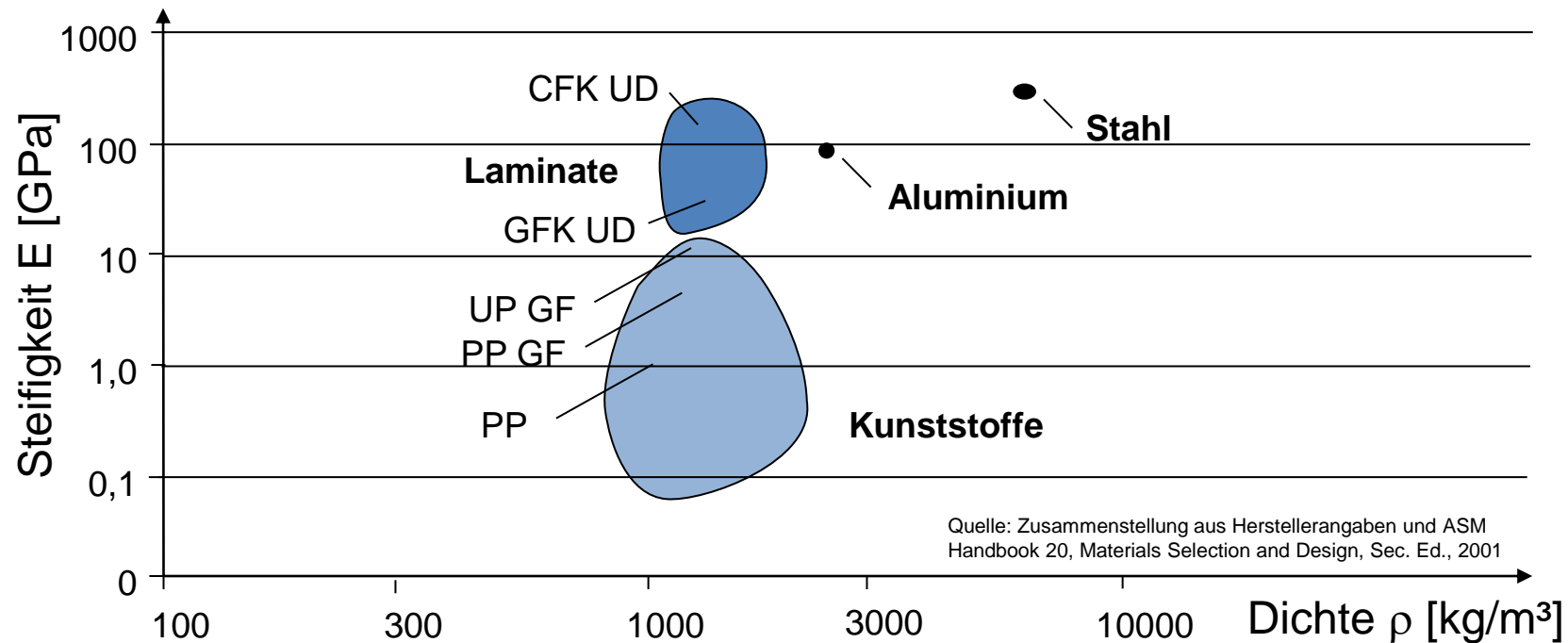
	Profil - Metalle	Profil - FVK	Kurzf. Kunststoff	Langf. Kunststoff	FVK Gewebe / Gelege	Sandwich Komb.
Rahmenstruktur	●	●				
Dachstruktur				●	●	● ●
Boden						● ●
Seitenwand, Front, Heck				●	●	● ●

- FVK-Profil-Sandwichkonzept
- Metall-Profil-Langfaserkonzept 1 (nicht mittragend und mittragend)
- Metall-Profil-Langfaserkonzept 2
- Metall-Profil-FVK-Konzept
- Metall-Profil-Sandwichkonzept



# Bauweisenkonzeption und Auswahl Profilstrukturen

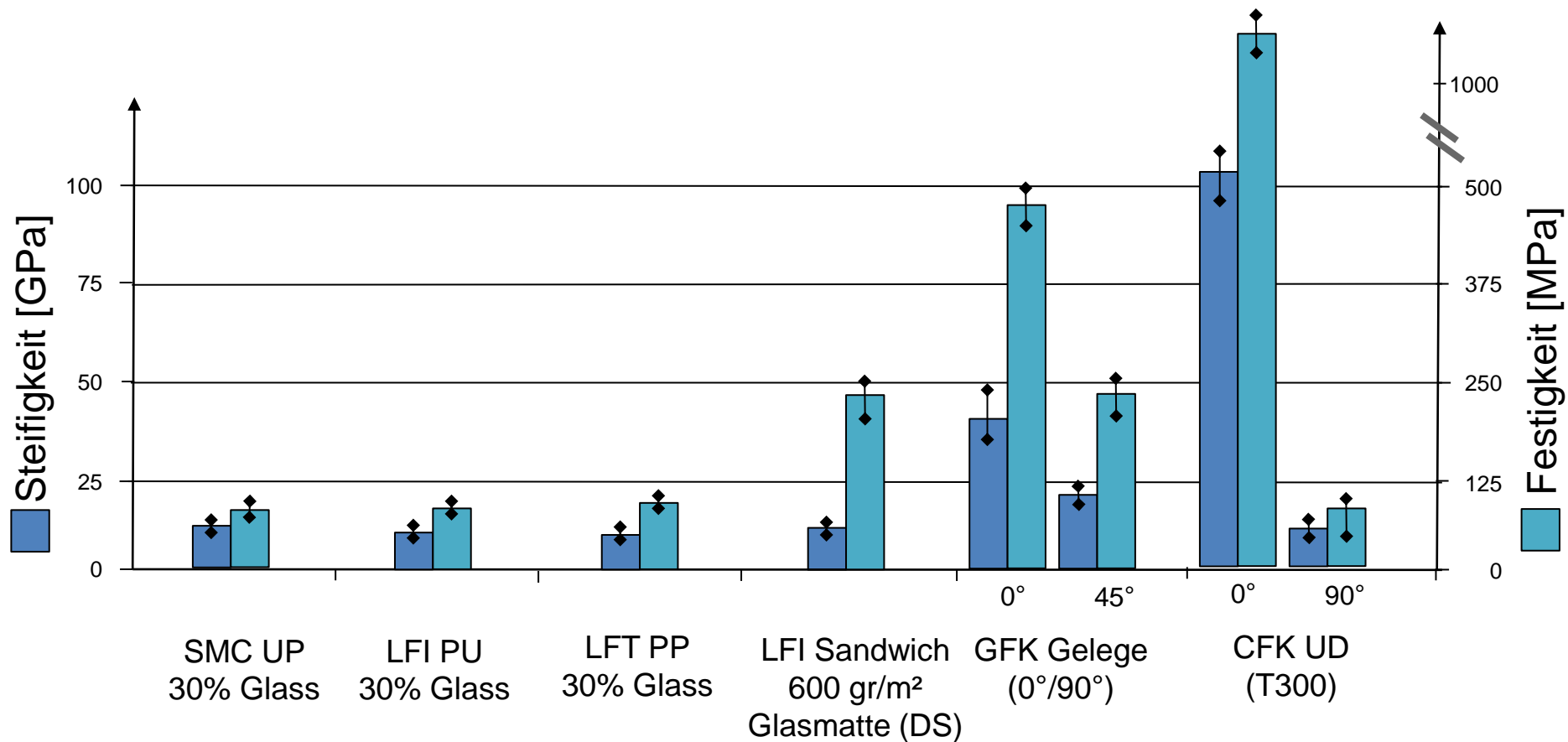
- Edelstahl- oder aluminiumintensive Rahmenstruktur auf Grund der Bauraumbeschränkungen („absolute Steifigkeit relevant“), der Skalierbarkeit / Modularisierbarkeit, der Korrosionsbeständigkeit, der Krafteinleitungspunkte (z.B. im Fahrwerks- und Türbereich) und der einfachen Verbindungstechnik (ohne Knoten)





# Bauweisenkonzeption und Auswahl flächiger Strukturen (Exterior) Analyse von Materialeigenschaften

- Zugeigenschaften unterschiedlicher Materialien

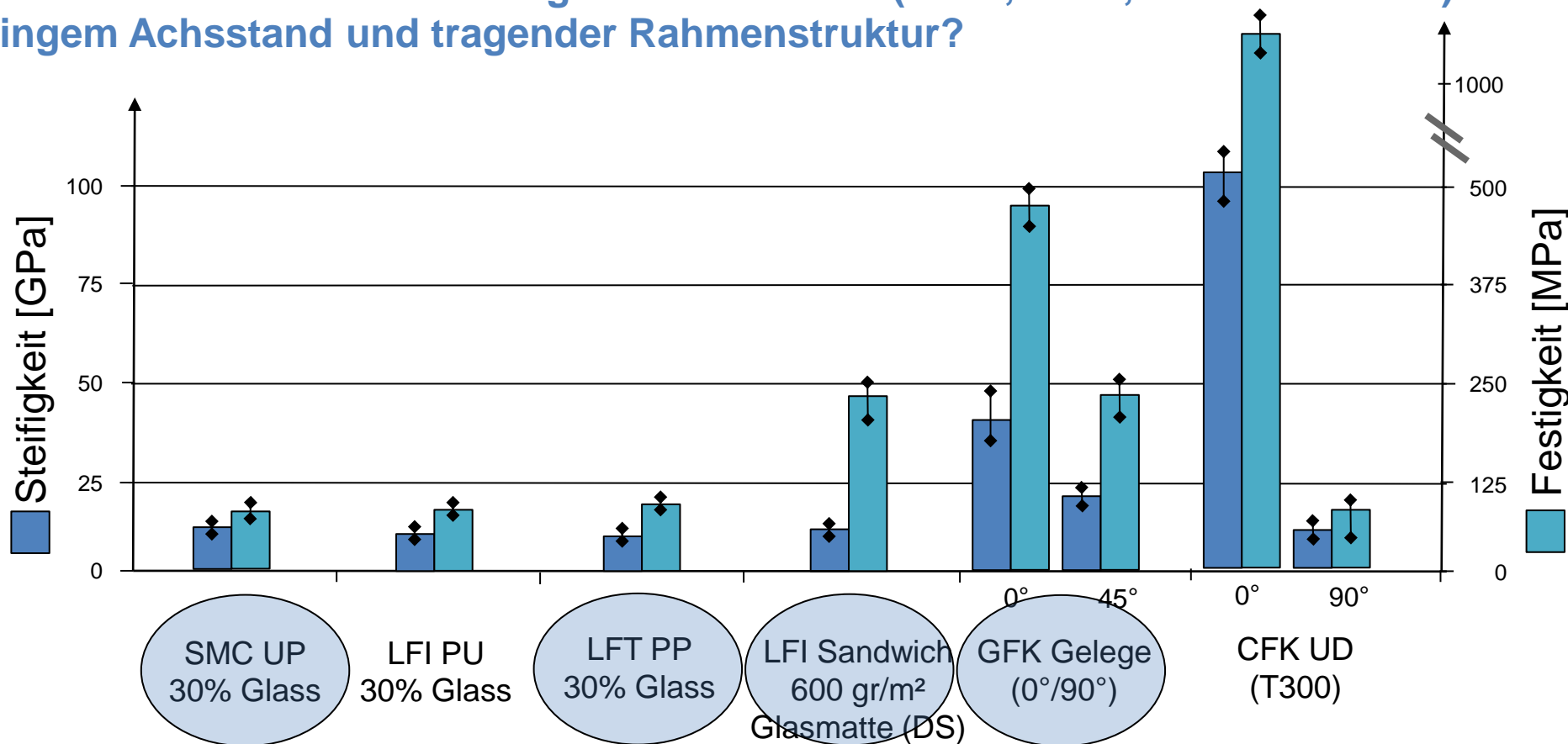


Quelle: Zusammenstellung aus eigenen Messungen



# Bauweisenkonzeption und Auswahl flächiger Strukturen (Exterior) Analyse von Materialeigenschaften

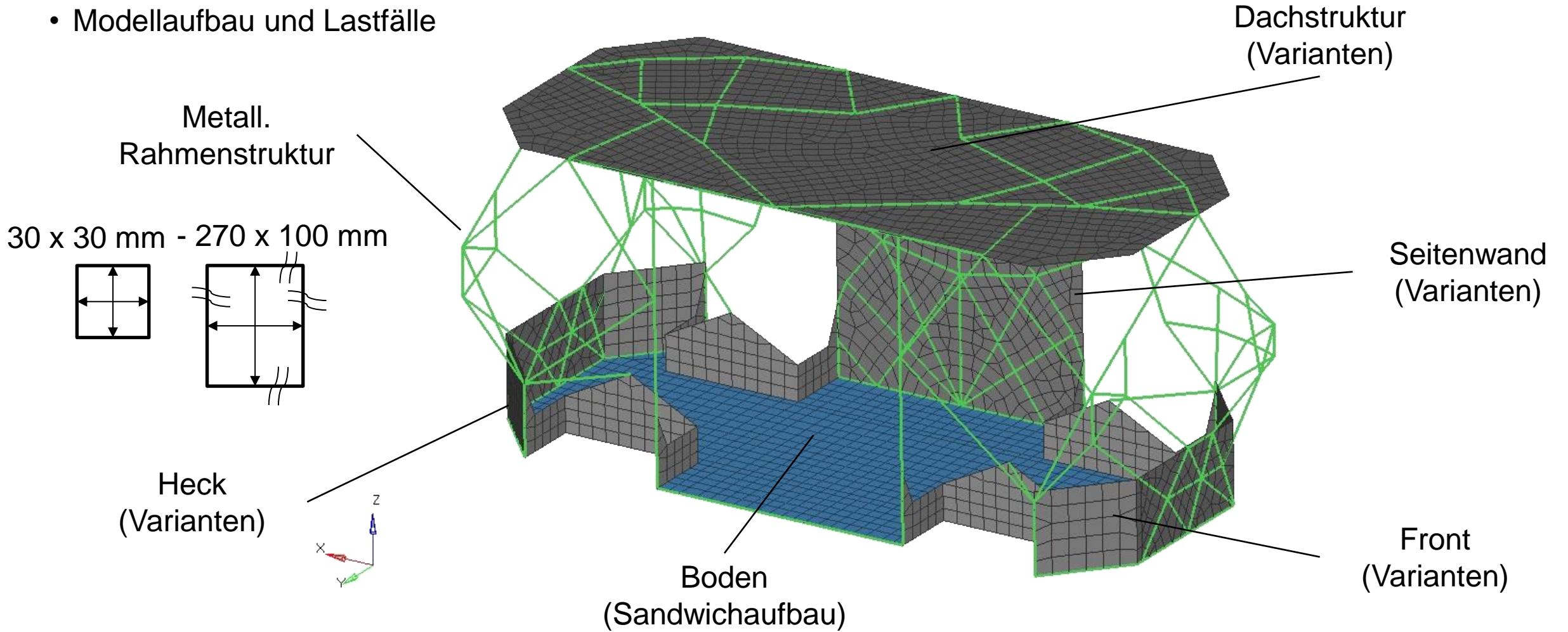
- Zugeigenschaften unterschiedlicher Materialien
- Welchen Mehrwert bieten mittragende Strukturen (Dach, Seite, Front und Heck) bei Fahrzeugen mit geringem Achsstand und tragender Rahmenstruktur?



Quelle: Zusammenstellung aus eigenen Messungen

# FEM Simulation und Dimensionierung

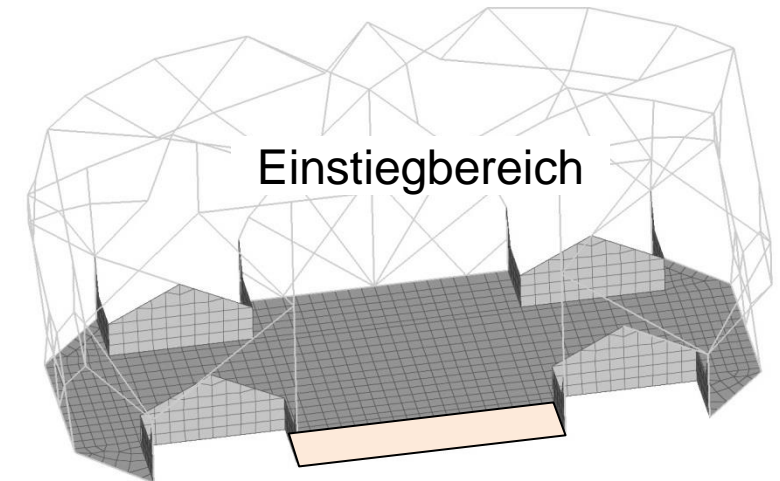
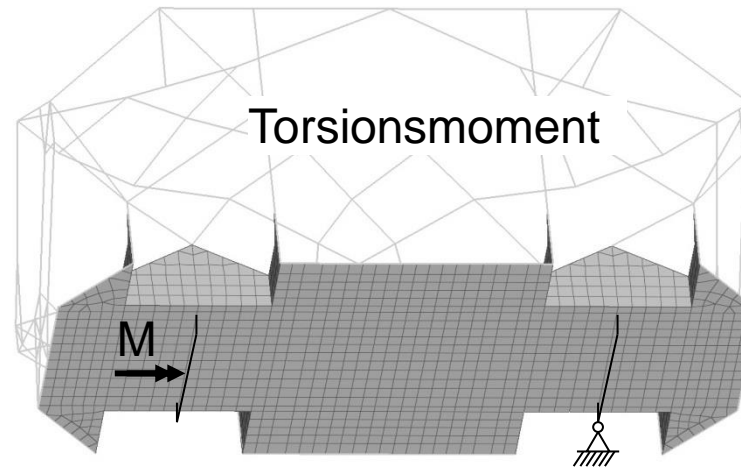
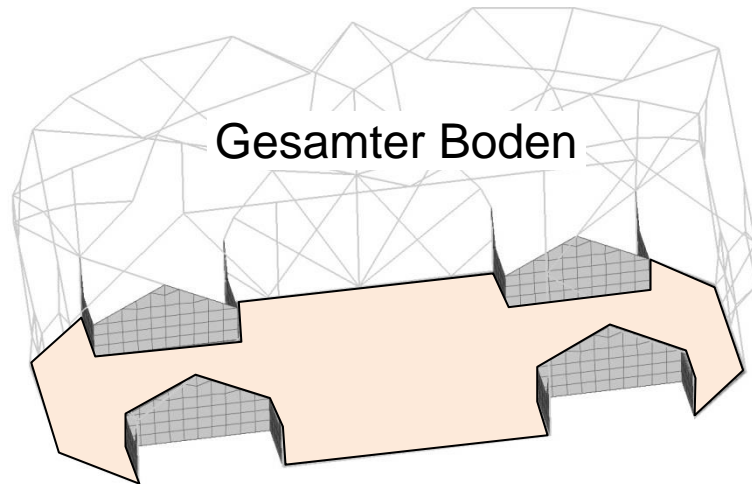
- Modellaufbau und Lastfälle





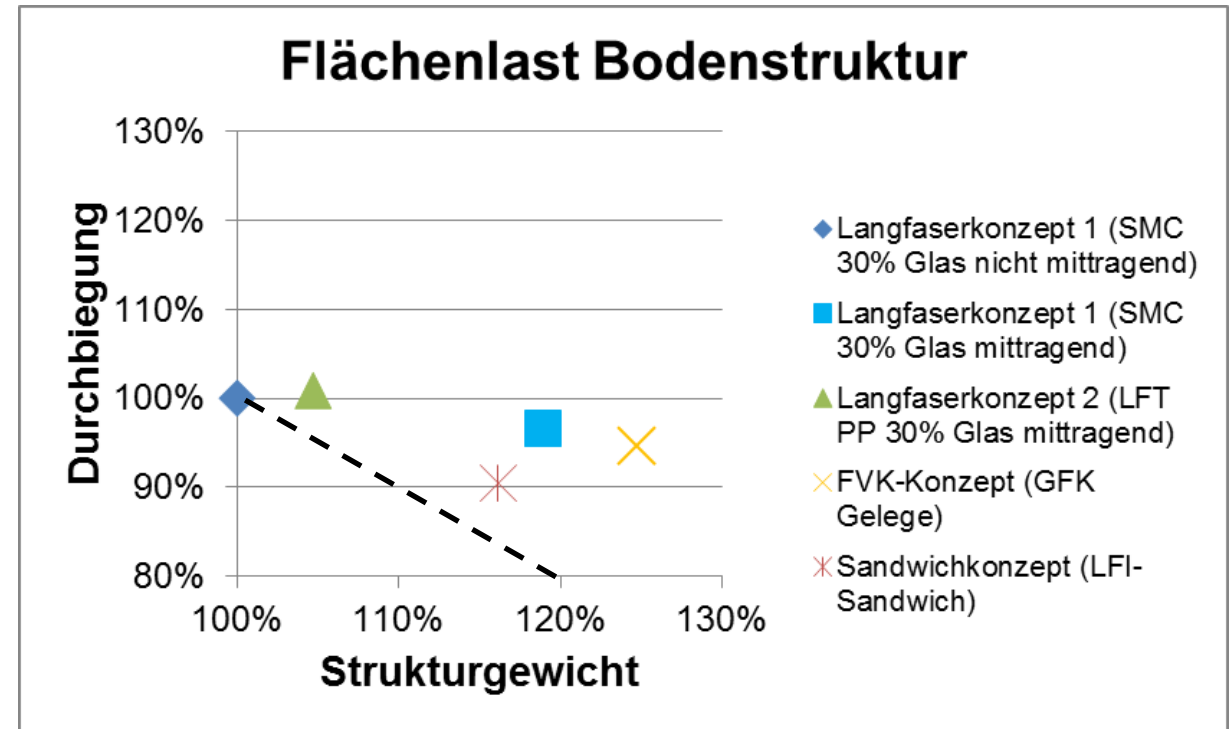
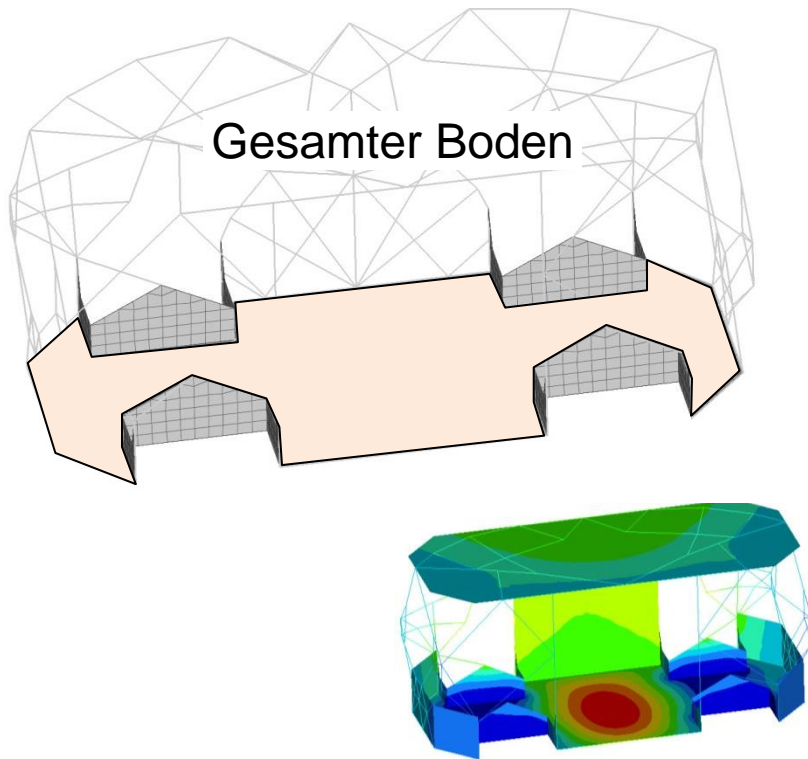
# FEM Simulation und Dimensionierung

- Modellaufbau und Lastfälle
  - Flächenlast Bodenstruktur
  - Torsionsmoment / Torsionssteifigkeit
  - Lokale Last im Einstiegsbereich



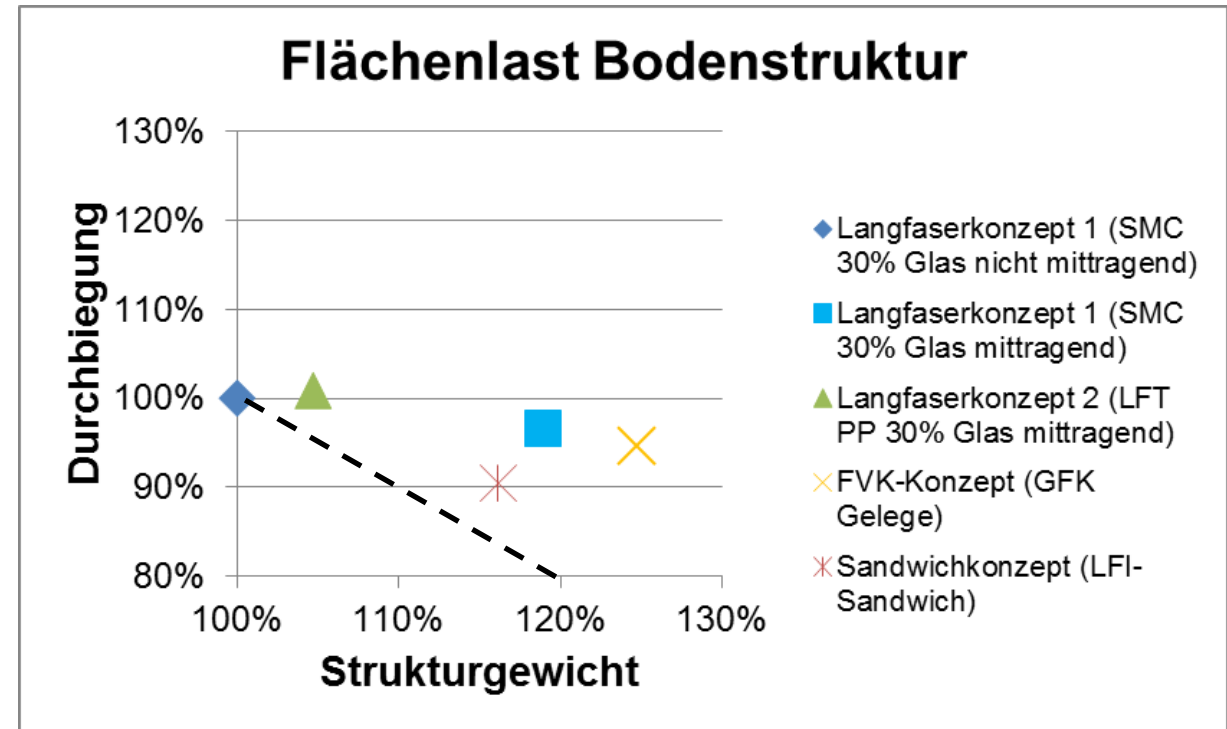
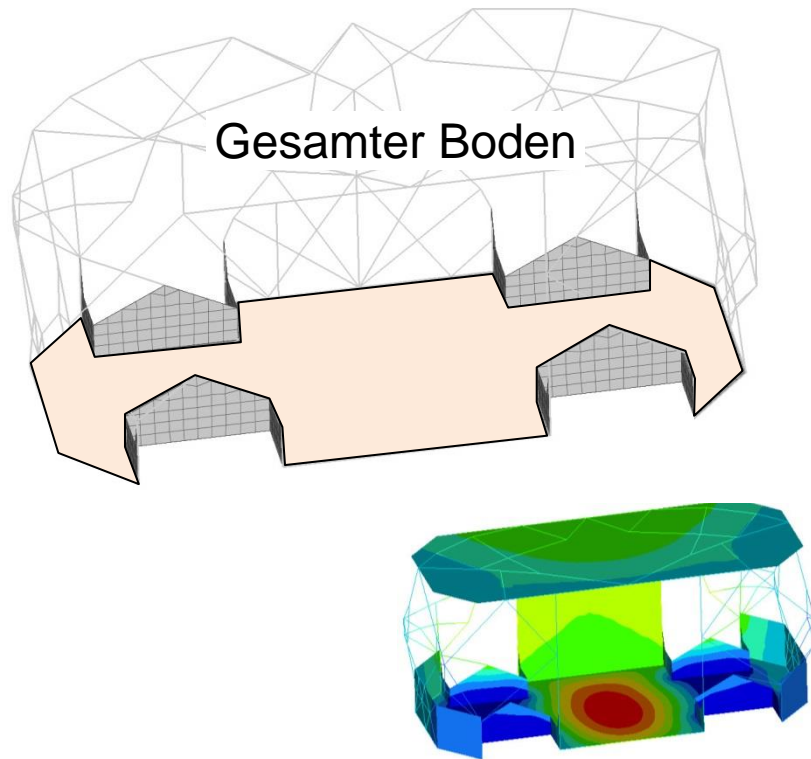
# FEM Simulation und Dimensionierung

- Simulationsergebnisse



# FEM Simulation und Dimensionierung

- Simulationsergebnisse



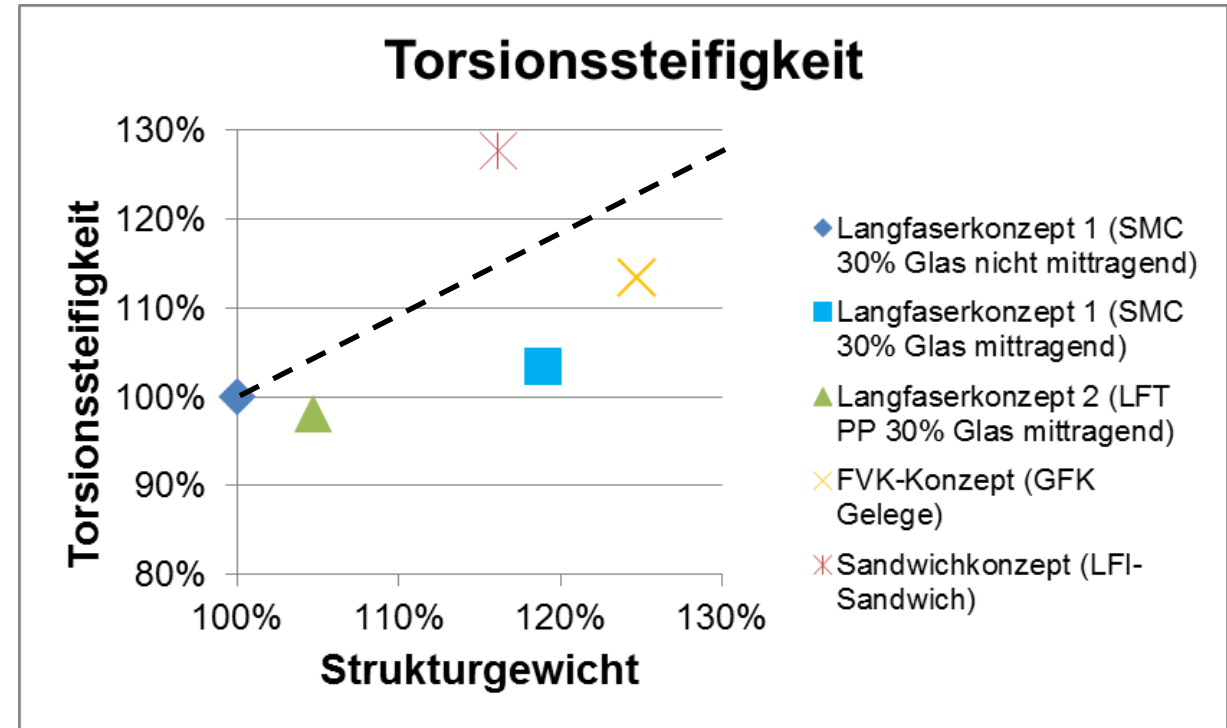
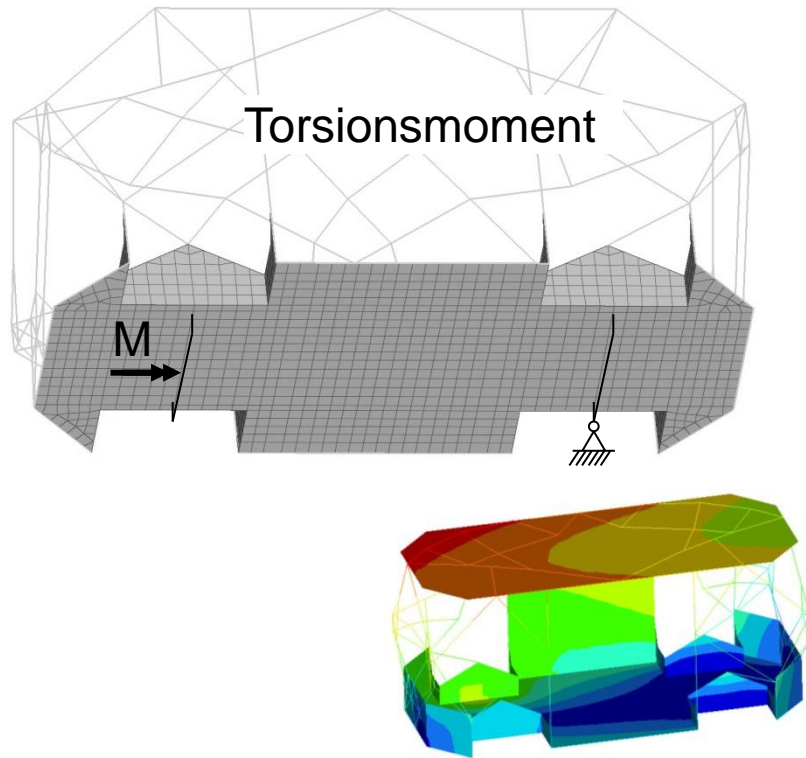
- Kein signifikanten Mehrwert durch mittragende Strukturen (Dach, Seite, Front und Heck) bei geringem Achsstand und großen Glasflächen





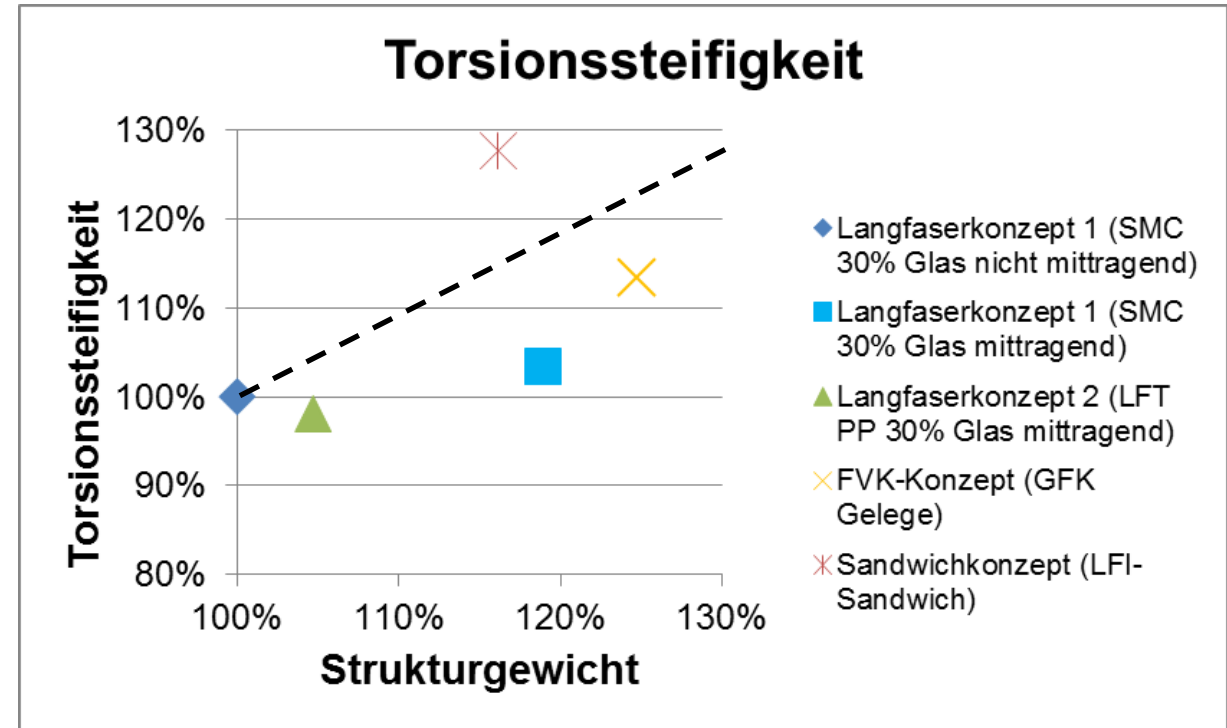
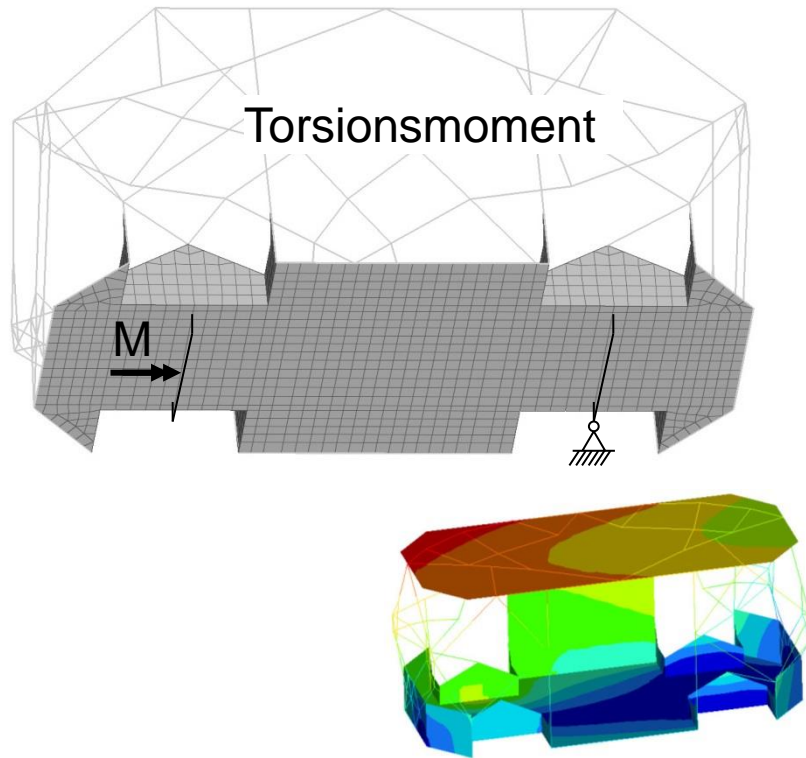
# FEM Simulation und Dimensionierung

- Simulationsergebnisse



# FEM Simulation und Dimensionierung

- Simulationsergebnisse

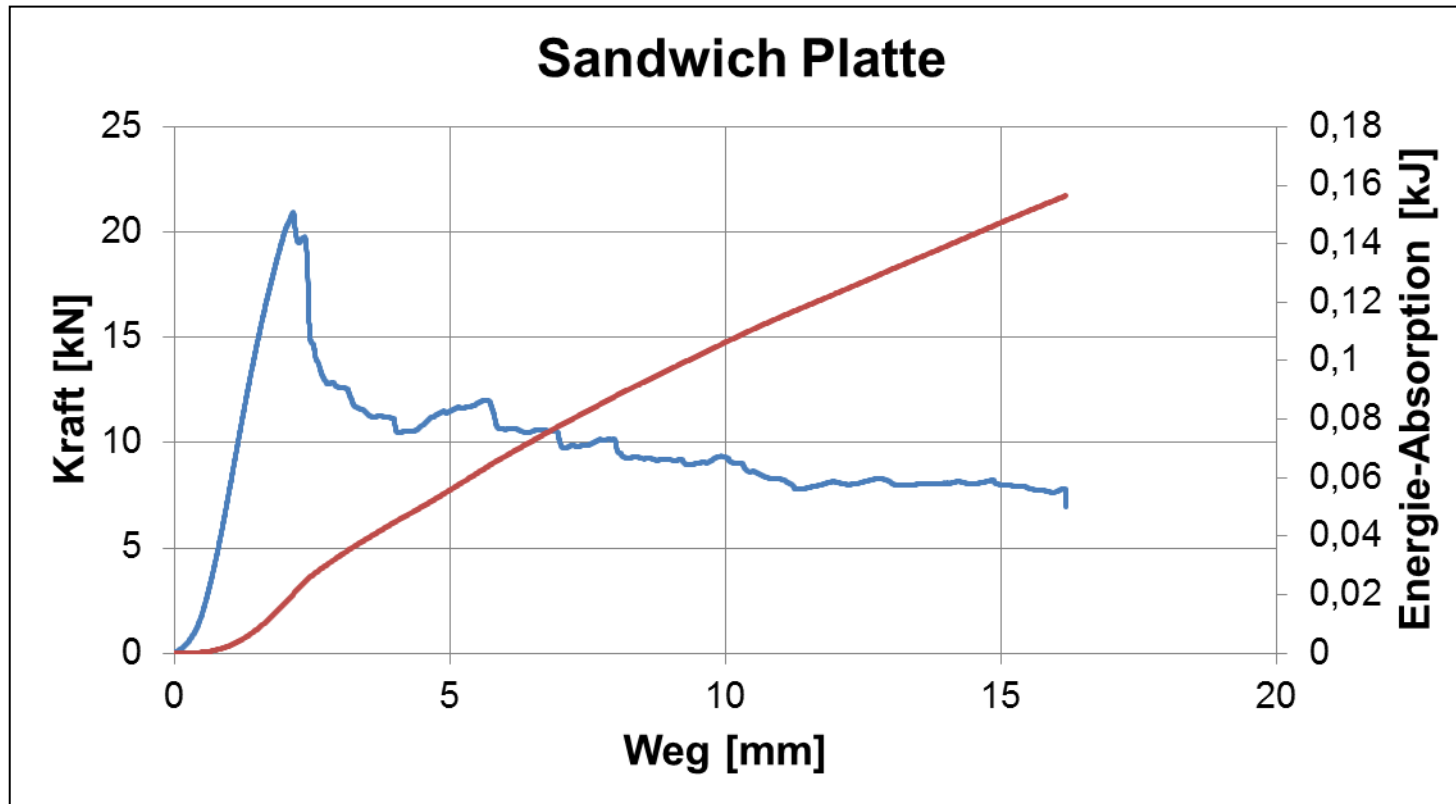


➤ Mehrwert durch mittragende Strukturen (insb. Dach und Seitenwand) auch bei geringem Achsstand (bei geeigneter Wahl der flächigen Strukturkomponenten)



# Herausforderung: Festigkeitsanforderungen und Crash-Beanspruchungen wie z.B. Rollover, Side-impact, ...

- Beispiel:
  - In-plane Druckversagen durch Crushing einer Sandwichkonfiguration



\* Sandwich plate: L/B/H: 200mm x 210mm x 30mm; mass: 170 gr. / app.  
4 kg/m<sup>2</sup>; faces: randomly oriented glass fiber with polyurethane matrix; core: paper based honeycombs



# Zusammenfassung und Ausblick

- Ableitung eines Fahrzeug- und Karosseriekonzepts für einen kleinen Stadtbus
- Entwickeltes Rohbaukonzept ist durch Rahmenbauweise mit Schubflächen variantenflexibel
- Systematischer Vergleich von Leichtbaupotentialen ausgewählter Bauweisen zur Erhöhung der Nutzlast und Einhaltung der Achslasten auch für elektrische und hochautomatisierte Fahrzeuge
- Integration von Boden-, Seiten- und Dachstrukturen z.B. bei Torsionsbelastungen; Front- und Heckstrukturen als „selbsttragende Anbauteile“





# Zusammenfassung und Ausblick

- Ableitung eines Fahrzeug- und Karosseriekonzepts für einen kleinen Stadtbus
- Entwickeltes Rohbaukonzept ist durch Rahmenbauweise mit Schubflächen variantenflexibel
- Systematischer Vergleich von Leichtbaupotentialen ausgewählter Bauweisen zur Erhöhung der Nutzlast und Einhaltung der Achslasten auch für elektrische und hochautomatisierte Fahrzeuge
- Integration von Boden-, Seiten- und Dachstrukturen z.B. bei Torsionsbelastungen; Front- und Heckstrukturen als „selbsttragende Anbauteile“
  
- Detailoptimierung einzelner Bauteile und Komponenten in Bezug auf relevante Lastfälle
- Analyse von Funktionsintegrationsmöglichkeiten in die Front- und Heckelemente (z.B. Sensoren, Aktuatoren, Sicherheitskomponenten für Mobilitätsteilnehmer (Fußgänger, Fahrradfahrer, ...))
- Integration z.B. von passiver Wärmeisolation oder Heizungselementen in die flächigen Strukturbauteile
- Alternative Sandwich-/ Schaumstrukturen und Fertigungsverfahren



## Vielen Dank

### Kontakt:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Pfaffenwaldring 38-40  
70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Gerhard Kopp  
Telefon 0711 6862-8307  
gerhard.kopp@dlr.de  
www.DLR.de



Wissen für Morgen



# Quellen

- ARL2016
  - N.N.: Aufbaurichtlinien Transporter Neuer Sprinter – BM 906, [https://bb-portal.mercedes-benz.com/portal/vans.html?&L=de#/katalog\\_ar2\\_57?f%5Ba%5D%5BKLASSE%5D=111&title=typeselection&f%5Bu%5D%5BANTRIEB%5D=4X2&f%5Bu%5D%5B\\_SA2CODE%5D=-&f%5Bc%5D%5BKATALOG\\_NAME%5D=ar2\\_57&f%5Ba%5D%5BKATALOG\\_NAME%5D=ar2\\_57](https://bb-portal.mercedes-benz.com/portal/vans.html?&L=de#/katalog_ar2_57?f%5Ba%5D%5BKLASSE%5D=111&title=typeselection&f%5Bu%5D%5BANTRIEB%5D=4X2&f%5Bu%5D%5B_SA2CODE%5D=-&f%5Bc%5D%5BKATALOG_NAME%5D=ar2_57&f%5Ba%5D%5BKATALOG_NAME%5D=ar2_57), Internetabfrage am 06.12.2016
- Buechner2013
  - Büchner, J.; Dogan, G.; Ylmazer, E.: Ford Transit & Tourneo Custom, Automotive Circle Internationl, Euro Car Body 2013, Bad Nauheim, Germany, 2013
- Geutling2015
  - Geutling, P.: Sandwich-Strukturen im Nutzfahrzeugbereich – Herausforderungen und Potentiale, 7. Landshuter Leichtbau-Colloquium, Monolithische und hybride Strukturen für den Leichtbau, Hochschule Landshut, 25. / 26. Februar 2016
- Renault2015a
  - N.N.: New Renault Espace, Renault, Automotive Circle Internationl, Euro Car Body 2015, Bad Nauheim, Germany, 2015

