

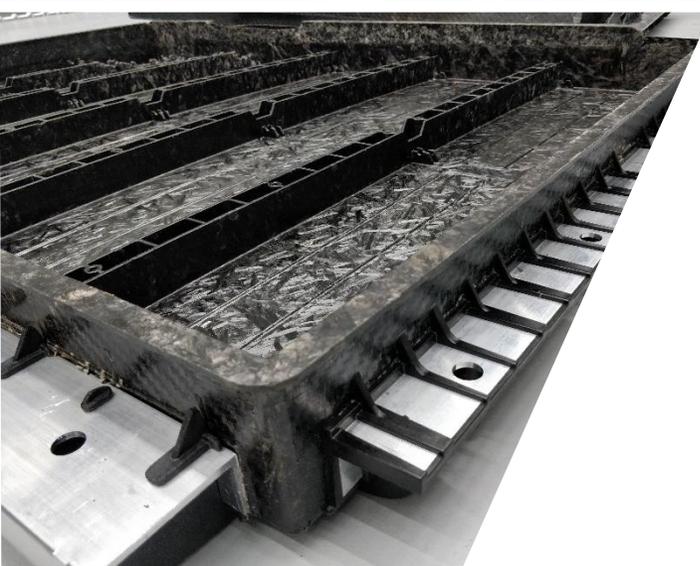


**OHLF** OPEN HYBRID  
LABFACTORY

# „HyFiVe“ – Großserienfähige Variantenfertigung von Kunststoff- Metall-Hybridbauteilen

Projektabschluss

15.05.2025



---

Dr.-Ing. Werner Berlin

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FORSCHUNGS  
CAMPUS**

öffentlich-private Partnerschaft  
für Innovationen

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# HyFiVe

## Großserienfähige Variantenfertigung von Kunststoff-Metall-Hybridbauteilen

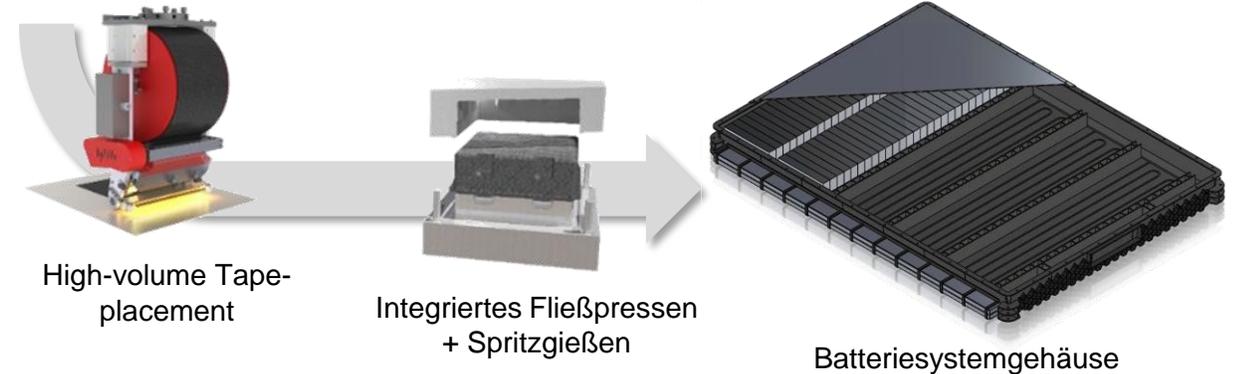
### Motivation und Zielstellung

- Entwicklung flexibler und effizienter Fertigungsprozessketten für hybride Leichtbaustrukturen
- Skalierung von robotergeführten Tapelege- und additiven Fertigungsverfahren in Großserienanwendungen

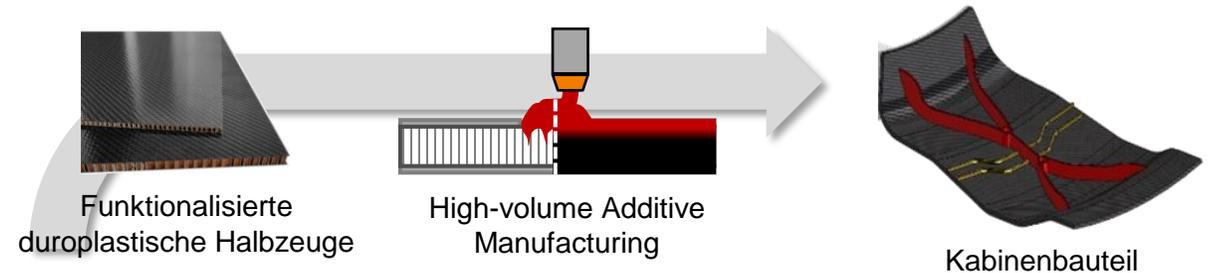
### Forschungsschwerpunkte

- Funktionalisierung von FKV- und Kunststoffhalbzeugen (einstellbare thermische- und elektrische Leitfähigkeit)
- Steigerung der Effizienz von ATL- und AM Prozessen
- Darstellung der Technologien in zwei Prozessrouten und Demonstratoren

Route Automotive



Route Aviation



Laufzeit 01/2020 – 12/2024

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Projektpartner

# Agenda

---

**01 Stand der Technik zu Traktionsbatteriesystemen**

**02 Auslegungsrouten zur Entwicklung eines Batteriesystemgehäuses**

**03 Fertigung eines Batteriesystemgehäuses**

**04 Zusammenfassung der Projektergebnisse**

# Agenda

---

**01 Stand der Technik zu Traktionsbatteriesystemen**

02 Auslegungsrouten zur Entwicklung eines Batteriesystemgehäuses

03 Fertigung eines Batteriesystemgehäuses

04 Zusammenfassung der Projektergebnisse

# Stand der Technik von Traktionsbatteriesystemen

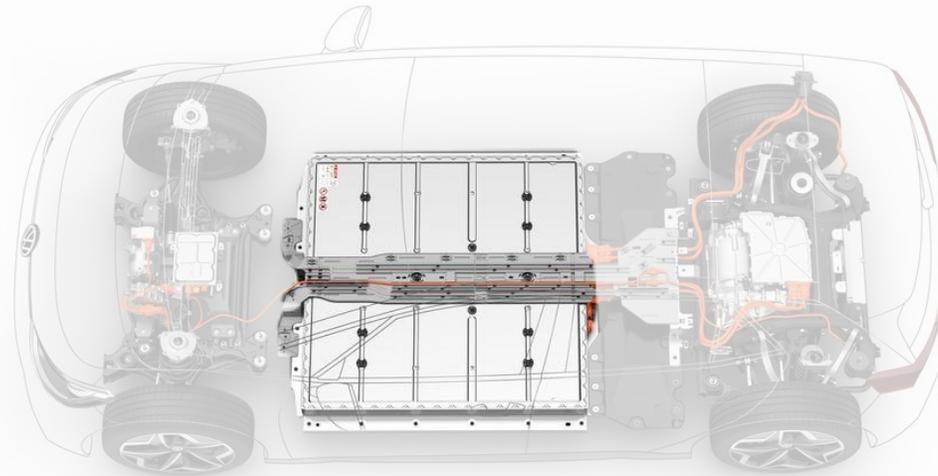
## Aufgabe und Funktion im Kontext der Elektromobilität

### Anbindung an die Fahrzeugstruktur

- Statisch - Versteifen der Fahrzeugstruktur
- Dynamisch - Eigenfrequenzen der Karosserie

### Aufnahmen und Fixieren der Batteriekomponenten:

- Bereitstellung dauerfester Verbindungspunkte
- Bereitstellung von Schnittstellen für Leitungen



Quelle: Volkswagen

### Abdichten /Schützen, Abschirmen:

- Wasser (Spritzwasser, Kondensat, Wattiefe), Salznebel, Stäube und Steinschlag
- „Aufsetzen und Überfahren“ (Missbrauch), Crash (seitlich)
- Abschirmen gegenüber elektrischen oder elektromagnetischen Effekten
- Isolation gegenüber Temperaturschwankungen

# Stand der Technik von Traktionsbatteriesystemen

## Bauweisen und Fertigungstechniken unterschiedlicher Gehäusekonzepte

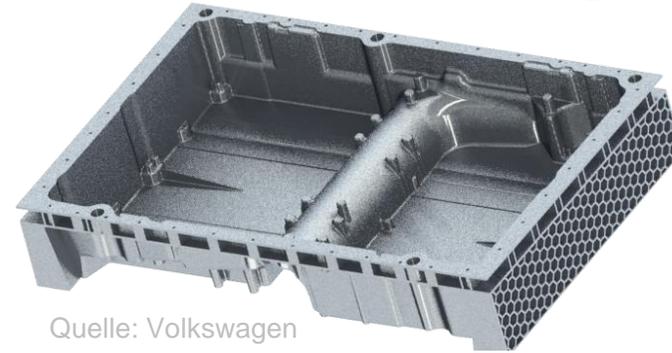
### Schweißkonstruktionen



Quelle: Volkswagen

**Beispiel:** Volkswagen MEB

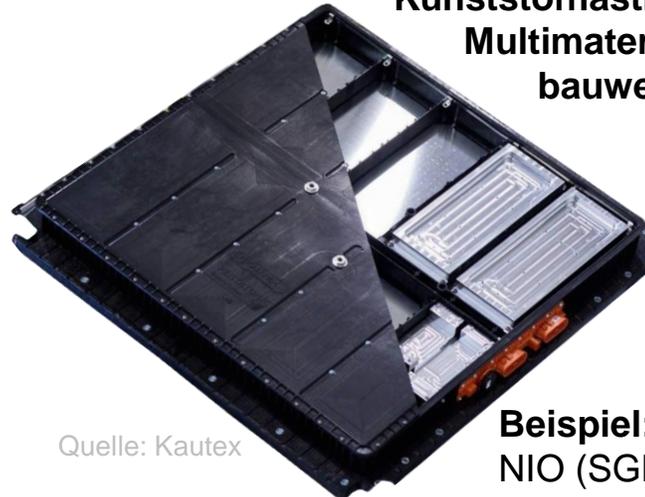
### Leichtmetall-Druckguss



Quelle: Volkswagen

**Beispiel:** Passat GTE

### Kunststofflastige Multimaterial- bauweise



Quelle: Kautex

**Beispiel:**  
NIO (SGL Carbon)

# Stand der Technik von Traktionsbatteriesystemen

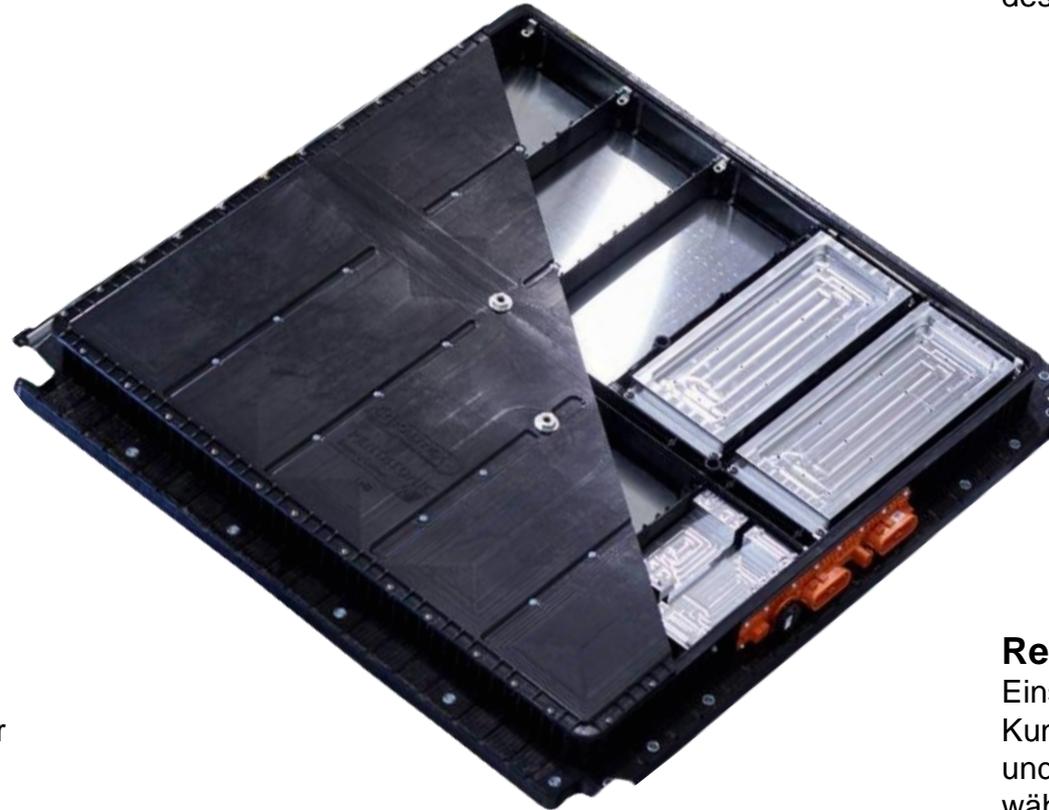
## Vorteile kunststofflastiger Gehäusestrukturen

### Sicherheit ▲

Nichtleitfähiges Material senkt Risiko für Stromschlag und Korrosion

### Kosten ▼

Kostenreduktion durch Senkung sekundärer Prozessschritte und Reduktion des Montageaufwandes



### Umweltverträglichkeit ▲

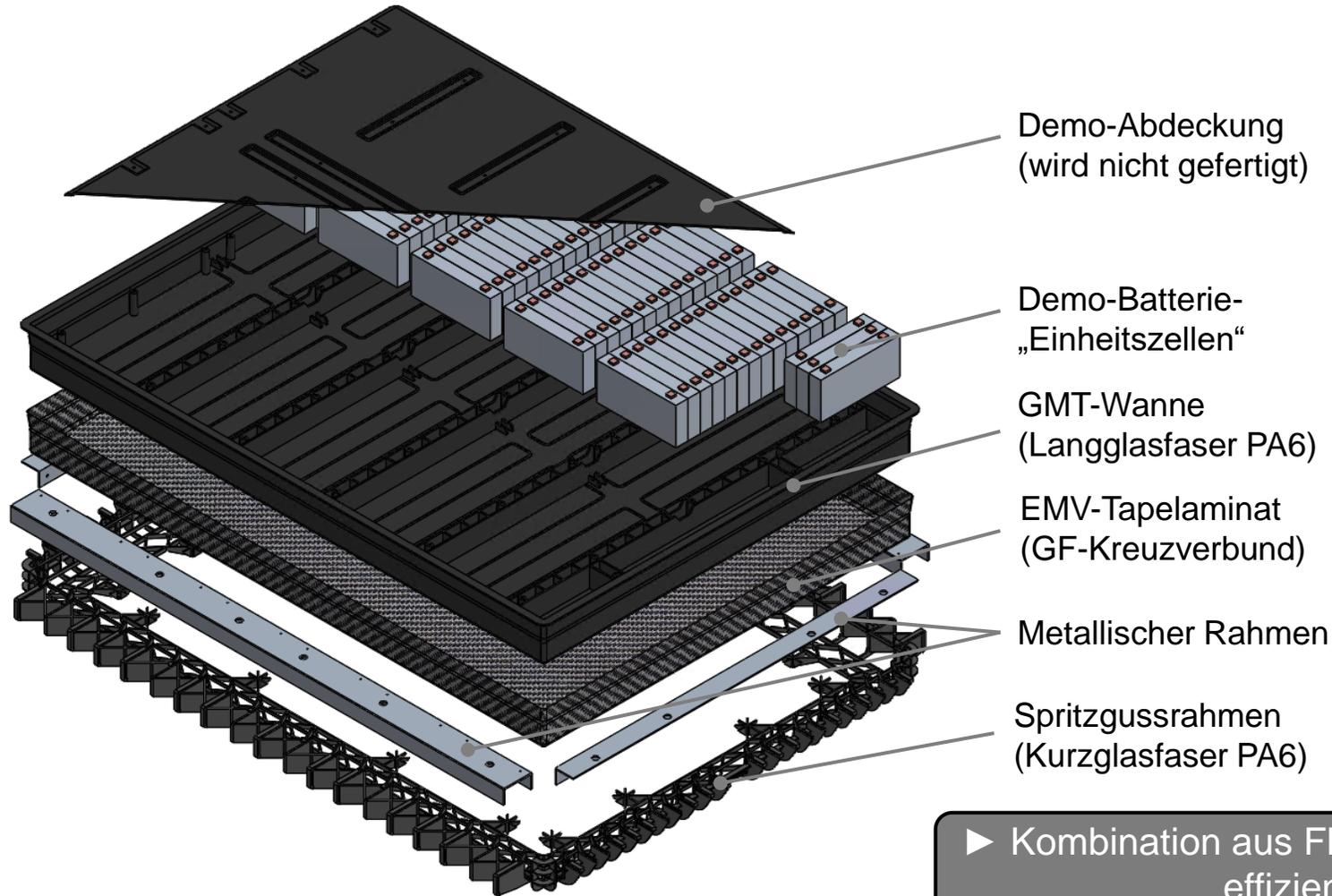
Geringerer Energieverbrauch über Lebenszeit kumuliert potenziell geringer als bei z. B. Aluminiumgehäusen

### Reichweite ▲

Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen reduziert Gehäusemasse und senkt damit Energieverbrauch während der Fahrt

# Stand der Technik von Traktionsbatteriesystemen

## In HyFiVe entwickeltes Gehäusekonzept



Komponente	Masse [kg]
HyFiVe Konzept	~ 44
HyFiVe skaliert auf MEB-Größe	~ 62
MEB-Referenz	89
<b>Gewichtsreduktion (ohne Unterboden)</b>	<b>~ 30 %</b>

- TP-FKV mit geringerem CO<sub>2</sub>eq/kg (Faktor 3 ggü. Primäraluminium)
- Gute Wärmeisolation ( $\lambda \sim 0.23 \text{ W/mK}$ )
- Effizienter Fertigungsprozess und Funktionsintegration (Versteifungs- und Montageelemente)

► Kombination aus Fließpressen und Spritzgießen für einen effizienten Fertigungsprozess

# Agenda

---

01 Stand der Technik zu Traktionsbatteriesystemen

**02 Auslegungsrouten zur Entwicklung eines Batteriesystemgehäuses**

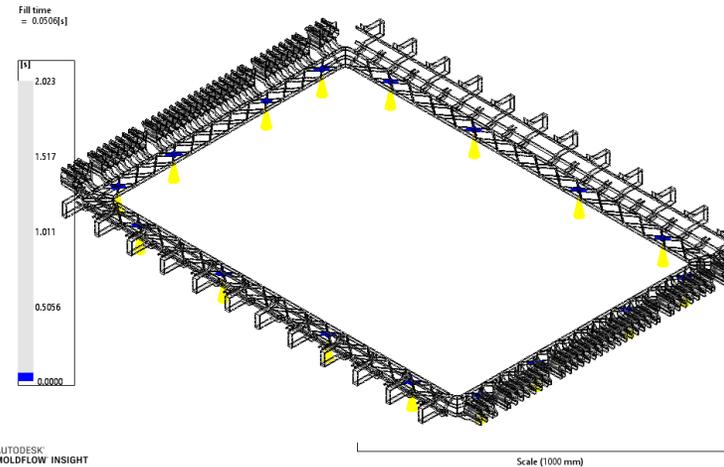
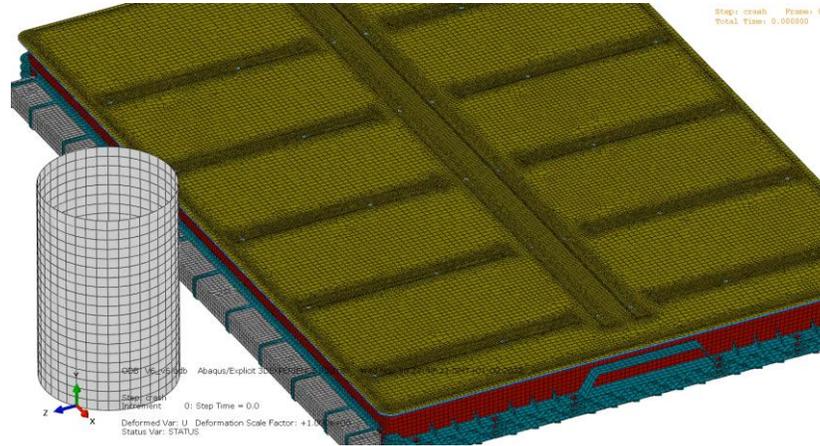
03 Fertigung eines Batteriesystemgehäuses

04 Zusammenfassung der Projektergebnisse

# Auslegungsrouten Übersicht

## Anwendungsorientierte Auslegung

- Crash, Crush
- Modalanalyse, Schock
- Bottom Impact

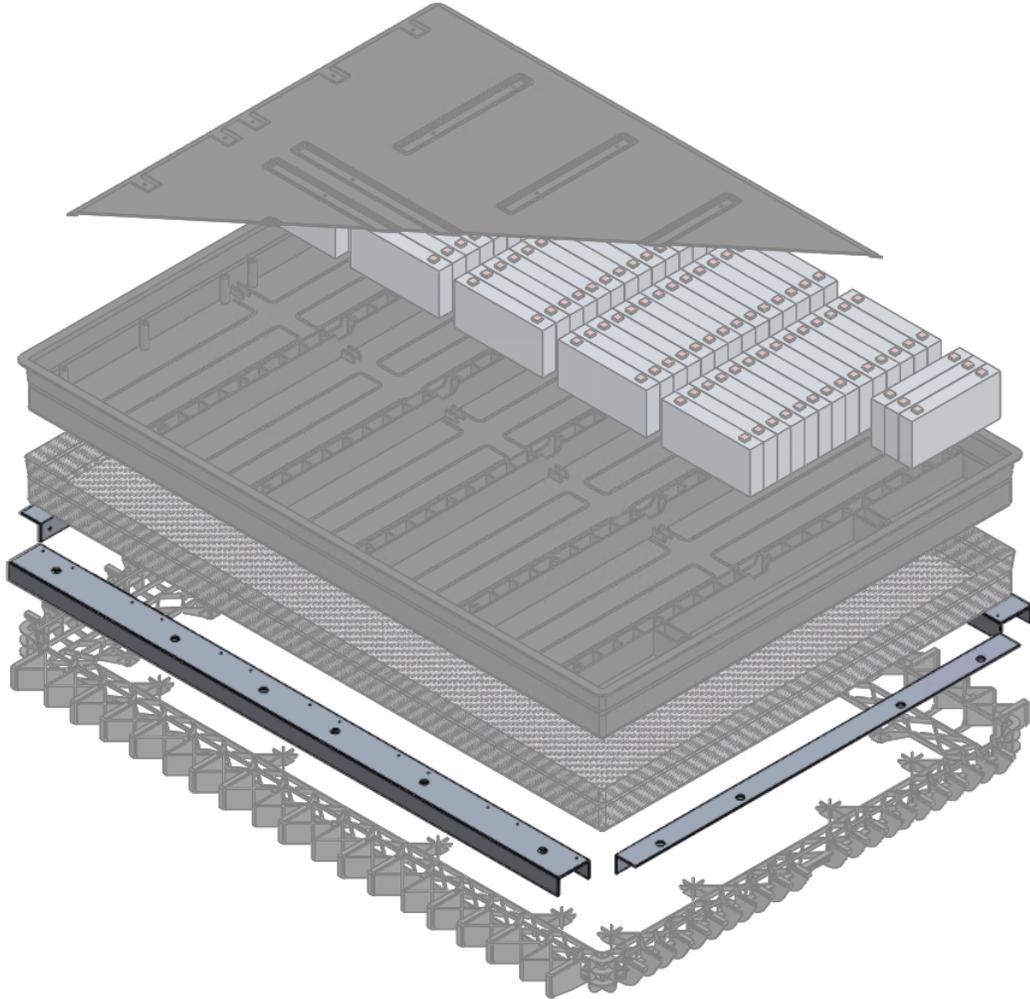


## Fertigungsorientierte Auslegung

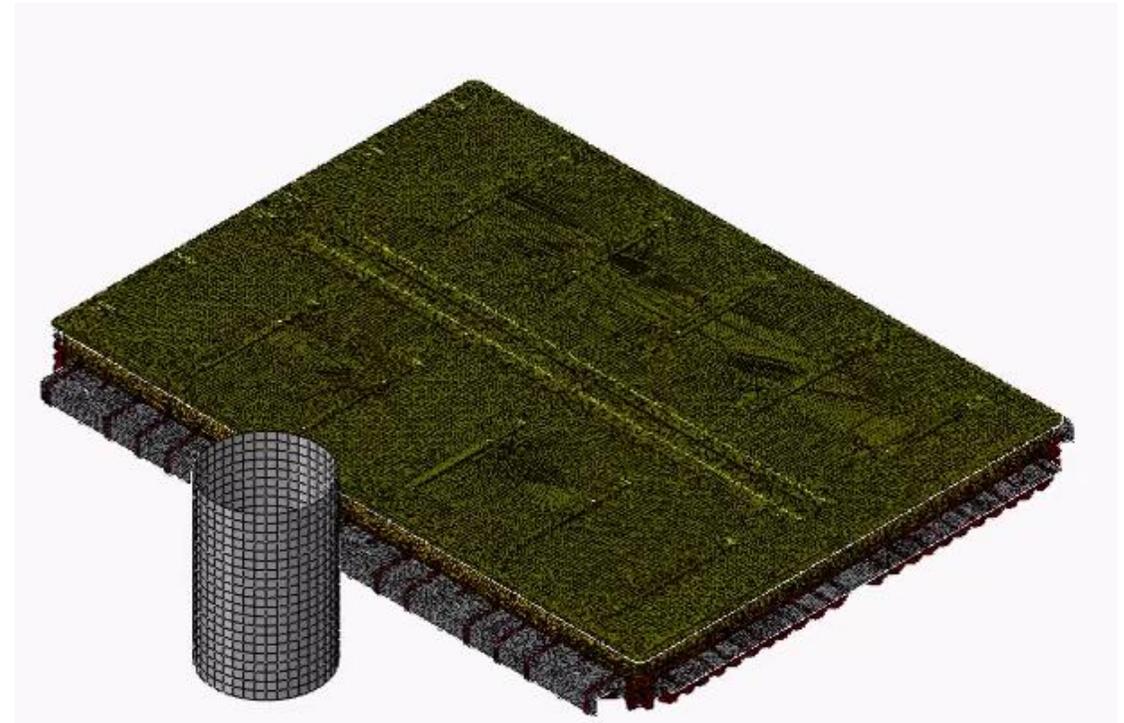
- Füllsimulation Spritzgießen
- Masseverteilung Fließpressen
- Einflüsse bei Prozesskombinationen

# Auslegungsrouten

## Anwendungsorientierte Auslegung – Side-Pole-Impact-Test



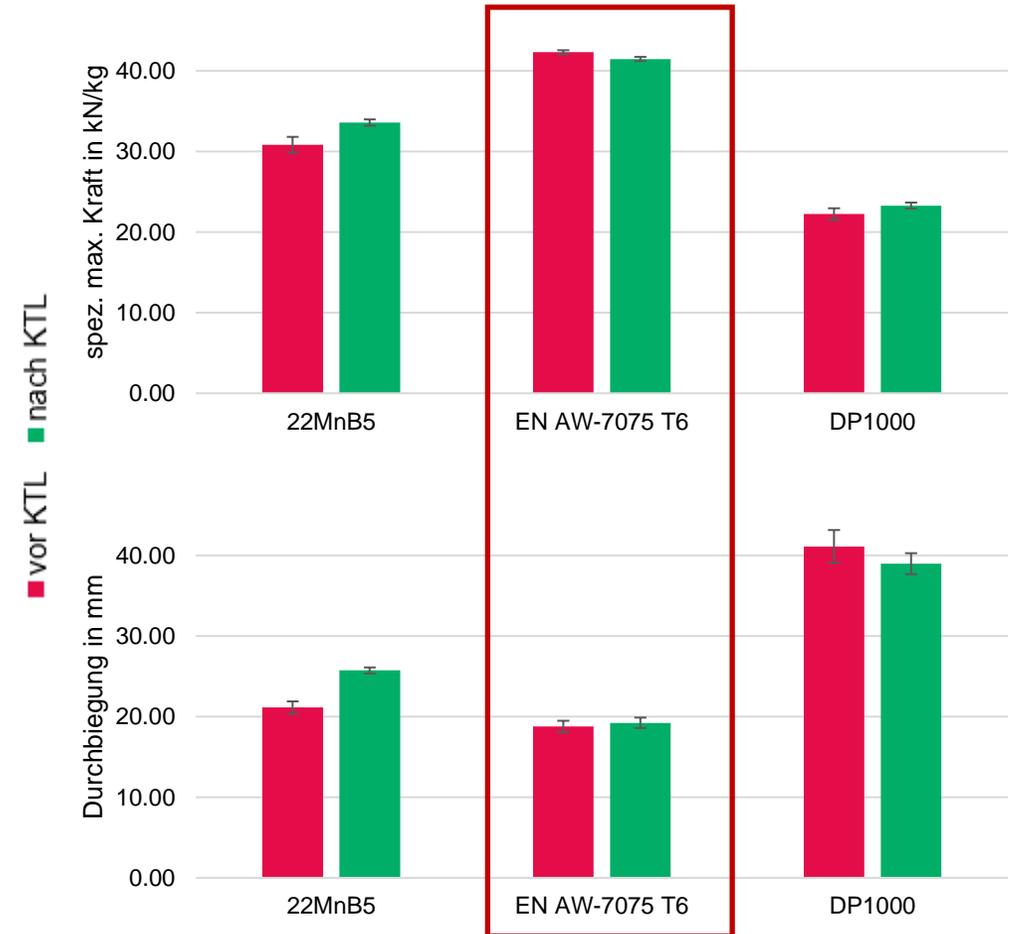
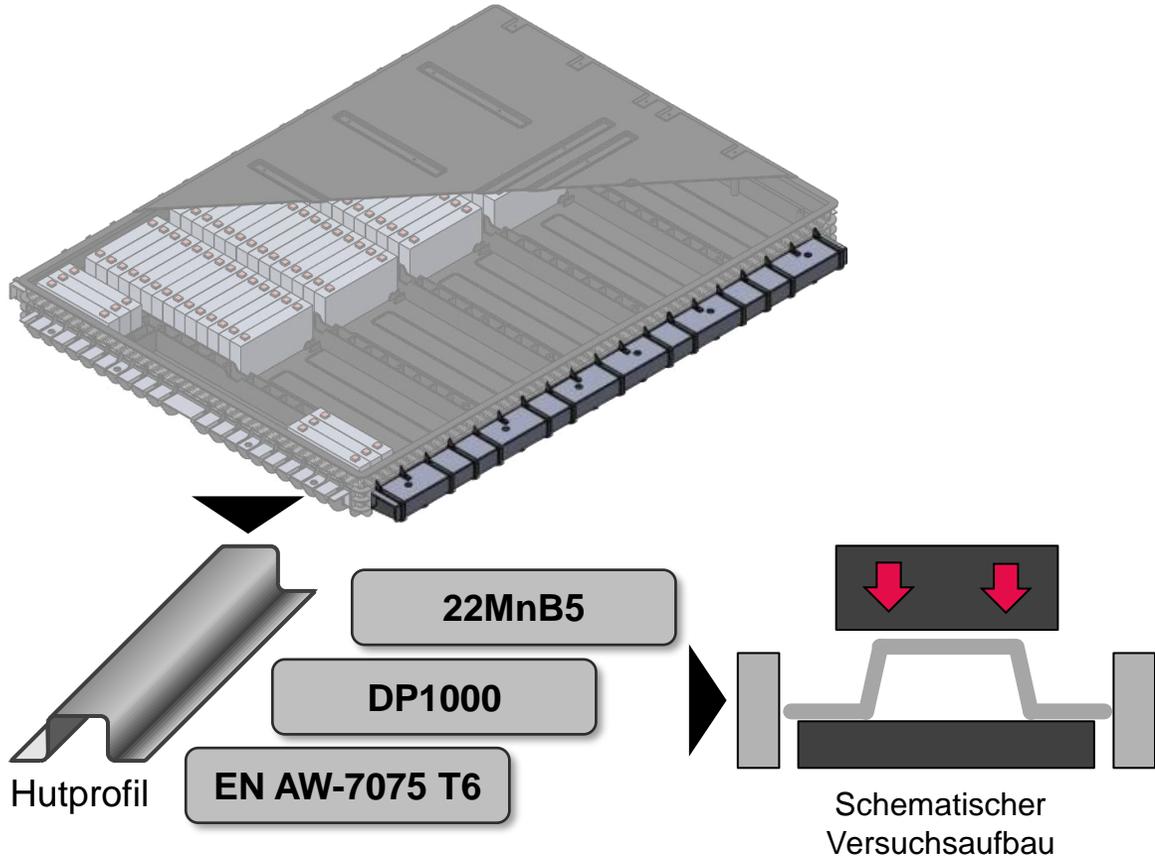
- Kritischer Lastfall: Side-Pole-Impact mit 32 km/h
- Zu absorbierende Schnittenergie des Gesamtfahrzeuges: 7 kJ
- Maßgabe: kein Kontakt zu bzw. keine Deformation der innenliegenden Zellen



# Auslegungsrouten

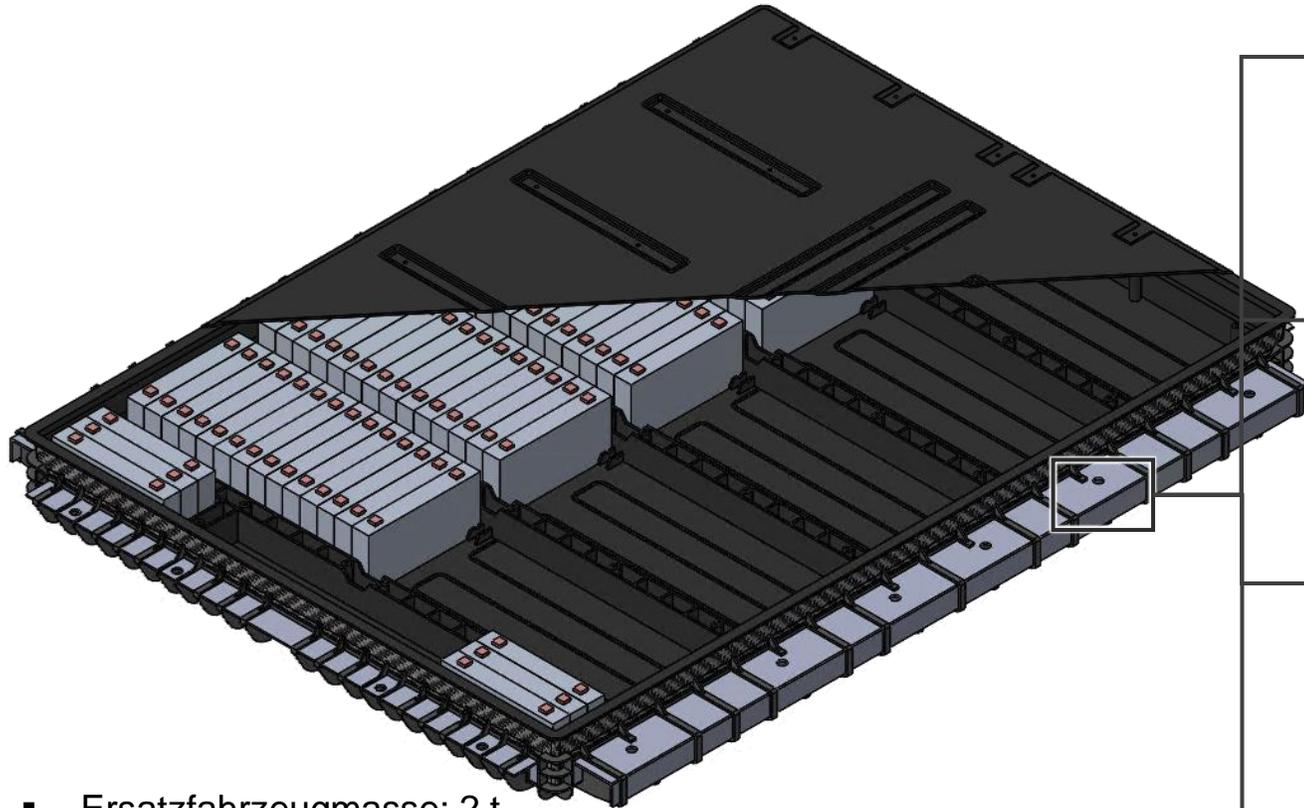
## Anwendungsorientierte Auslegung – Auslegung Rahmenstruktur | Materialauswahl

### Entwicklung eines anwendungsnahen Prüfkörpers

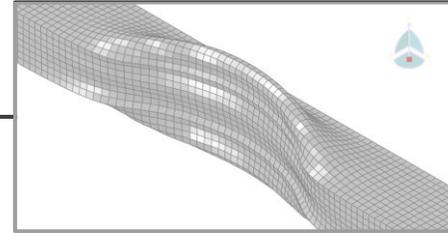


# Auslegungsrouten

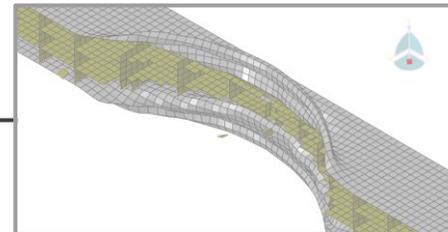
## Anwendungsorientierte Auslegung – Auslegung Rahmenstruktur | Rahmendesign



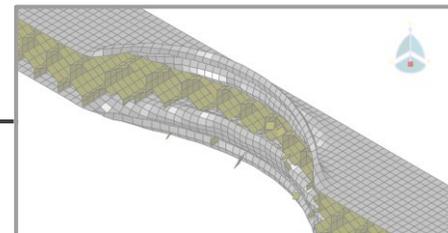
- Ersatzfahrzeugmasse: 2 t
- Pfahldurchmesser: 256 mm
- Bewegungsenergie: 10 kJ
- Aufprallwinkel: 90°



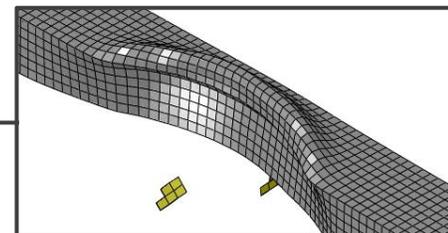
- Aluminiumprofil mit Doppelkammer**
- Materialstärke: 2,5 mm
  - Absorbierte Energie: 15,2 kJ
  - Masse Prüfausschnitt: 1,03 kg
  - Verbleibende Intrusion: 23,21 mm



- Aluminiumprofil U-Form mit Rippenkasten**
- Materialstärke: 3,0 mm
  - Absorbierte Energie: 5,5 kJ
  - Masse Prüfausschnitt: 1,10 kg
  - Verbleibende Intrusion: 14,13 mm



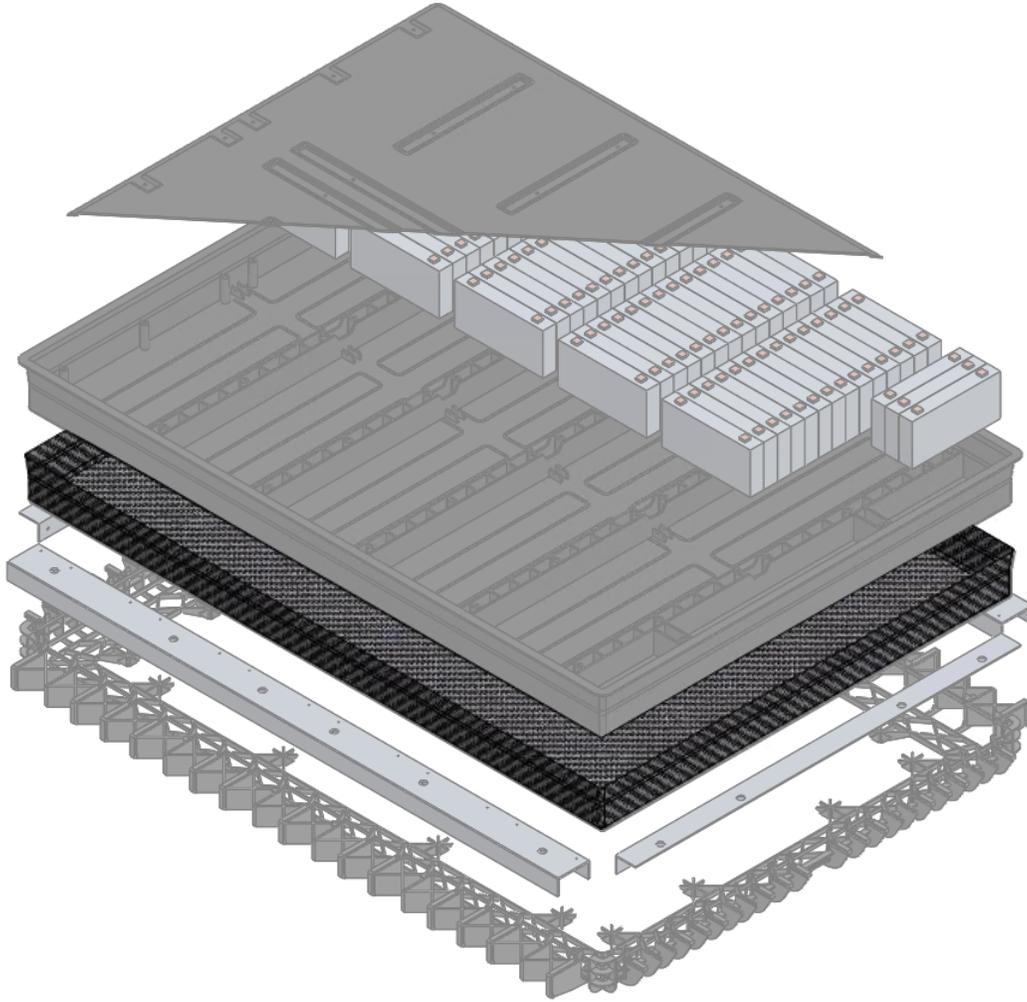
- Aluminiumprofil U-Form mit Rippenwaben**
- Materialstärke: 3,0 mm
  - Absorbierte Energie: 3,0 kJ
  - Masse Prüfausschnitt: 1,14 kg
  - Verbleibende Intrusion: 15,62 mm



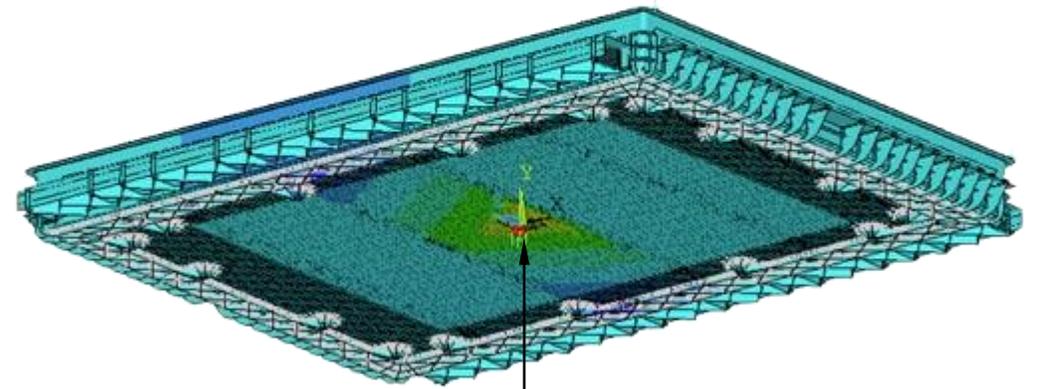
- Aluminiumprofil U-Form (gedreht) mit Rippenkreuzen**
- Materialstärke: 3,0 mm
  - Absorbierte Energie: 13,0 kJ
  - Masse Prüfausschnitt: 1,2 kg
  - Verbleibende Intrusion: 28,0 mm

# Auslegungsrouten

## Anwendungsorientierte Auslegung – Bottom Impact-Test



- Kritischer Lastfall: Bottom Impact Test
  - ➔ Impaktkörper: Kugel
- Zu absorbierende kinetische Energie: 100 J

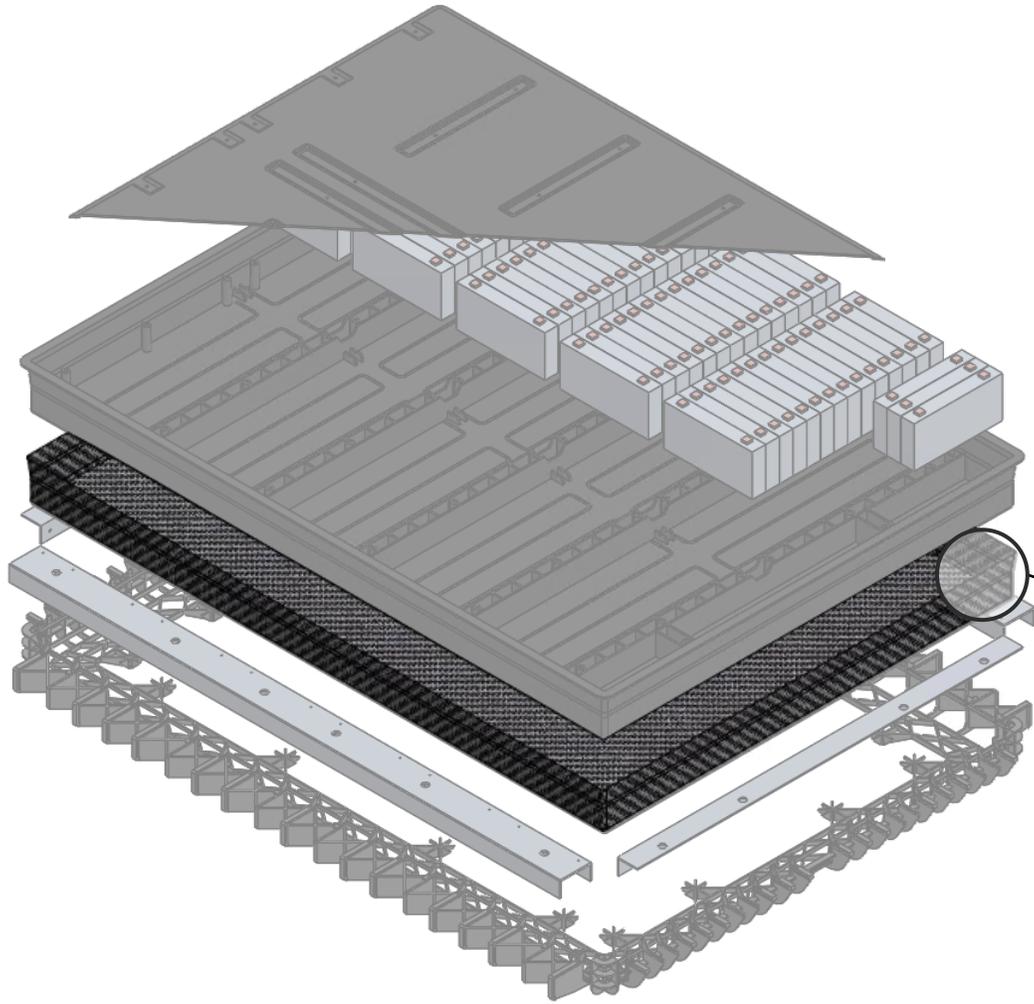


- Kugeldurchmesser: 25 mm
- Kugelmasse: 10 kg
- Kinetische Energie: 100 J
- ➔ Geschwindigkeit: ca. 4,5 m/s



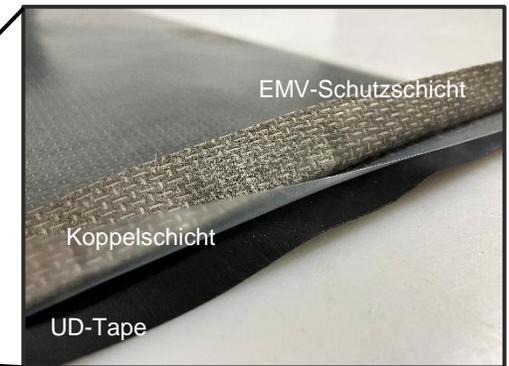
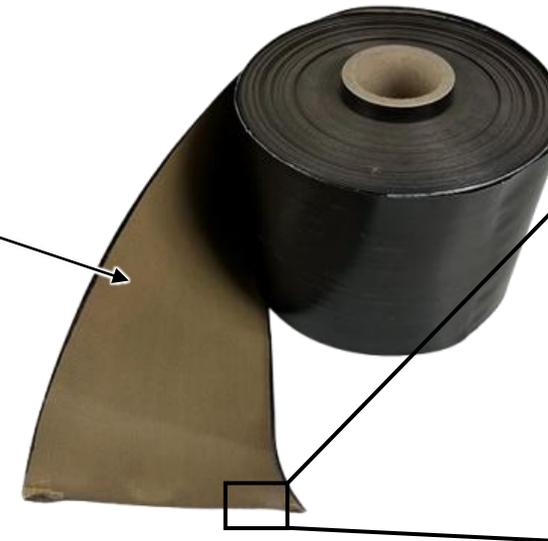
# Auslegungsrouten

## Anwendungsorientierte Auslegung – Materialauswahl und -auslegung



Einsatz von textilen Halbzeugen, insb. UD-Laminaten mit Anforderungen nach:

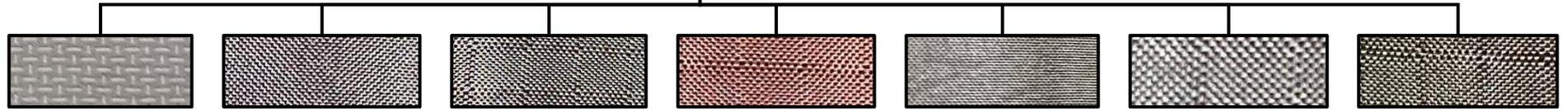
- ➔ Ausreichender Festigkeit
- ➔ Verarbeitbarkeit
- ➔ EMV-Schutz



EMV-funktionalisiertes, unidirektional verstärktes Tape

# Auslegungsrouten

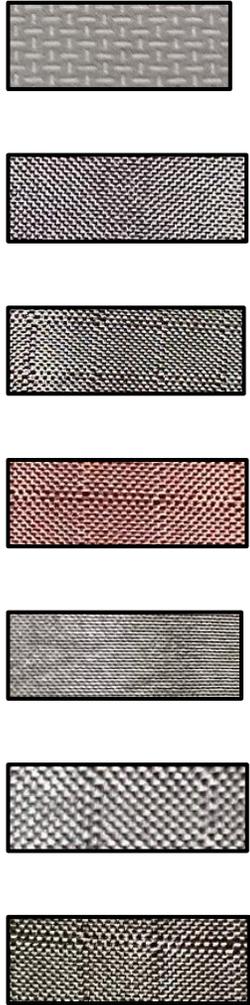
## Anwendungsorientierte Auslegung – Materialauswahl und -auslegung



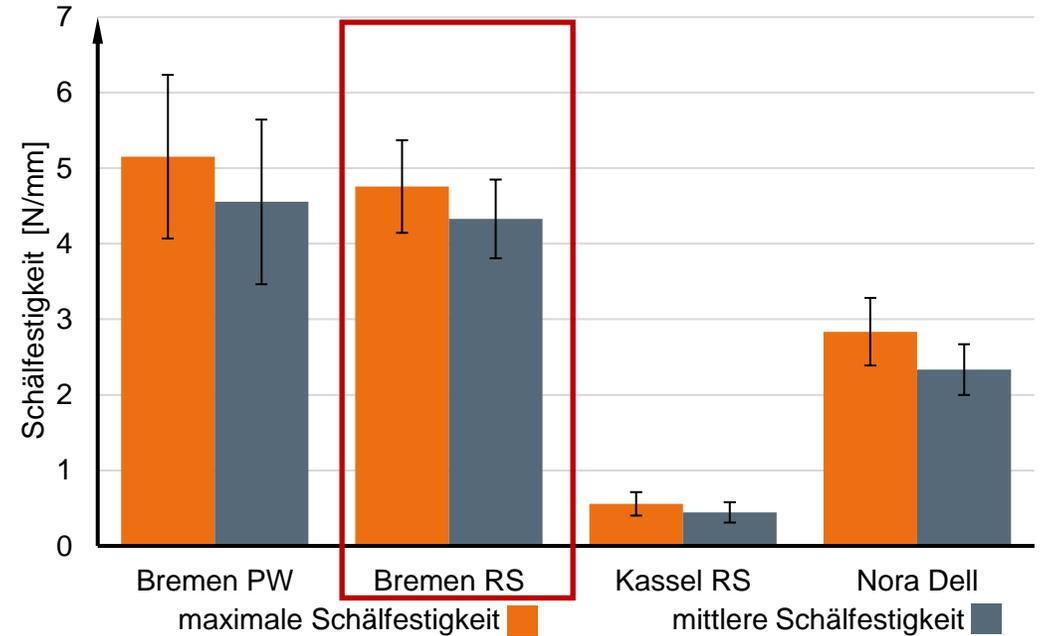
<b>Bezeichnung</b>	Zeven+30	Bremen PW	Bremen RS	Kassel RS	Nantes	Nora Dell	Nora RS
<b>Polymer</b>	PA6.6	PA6.6	PA6.6	PA6.6	PA6.6	PA6.6	PA6.6
<b>Webart</b>	Vlies	Leinwand	Ripstop	Rispstop	Leinwand	Ripstop	Ripstop
<b>Beschichtung</b>	Cu, SN	18,6% Ag	18,6% Ag	49,22% Cu	Cu, Ag, Ni	53% Cu	44% Cu
<b>Flächengew.</b>	105 g/m <sup>2</sup>	43 g/m <sup>2</sup>	43 g/m <sup>2</sup>	85 g/m <sup>2</sup>	83 g/m <sup>2</sup>	100 g/m <sup>2</sup>	83 g/m <sup>2</sup>
<b>Mittl. Schirmung</b>	80 dB	64 dB	61 dB	75 dB	80 dB	75 dB	70 dB

# Auslegungsrouten

## Anwendungsorientierte Auslegung – Materialauswahl und -auslegung



- Applikation auf UD-Tapes mittels Haftvermittlerfolie
- Überprüfung der Verbundfestigkeit mittels Keilschälversuch in Anlehnung an ISO 11343

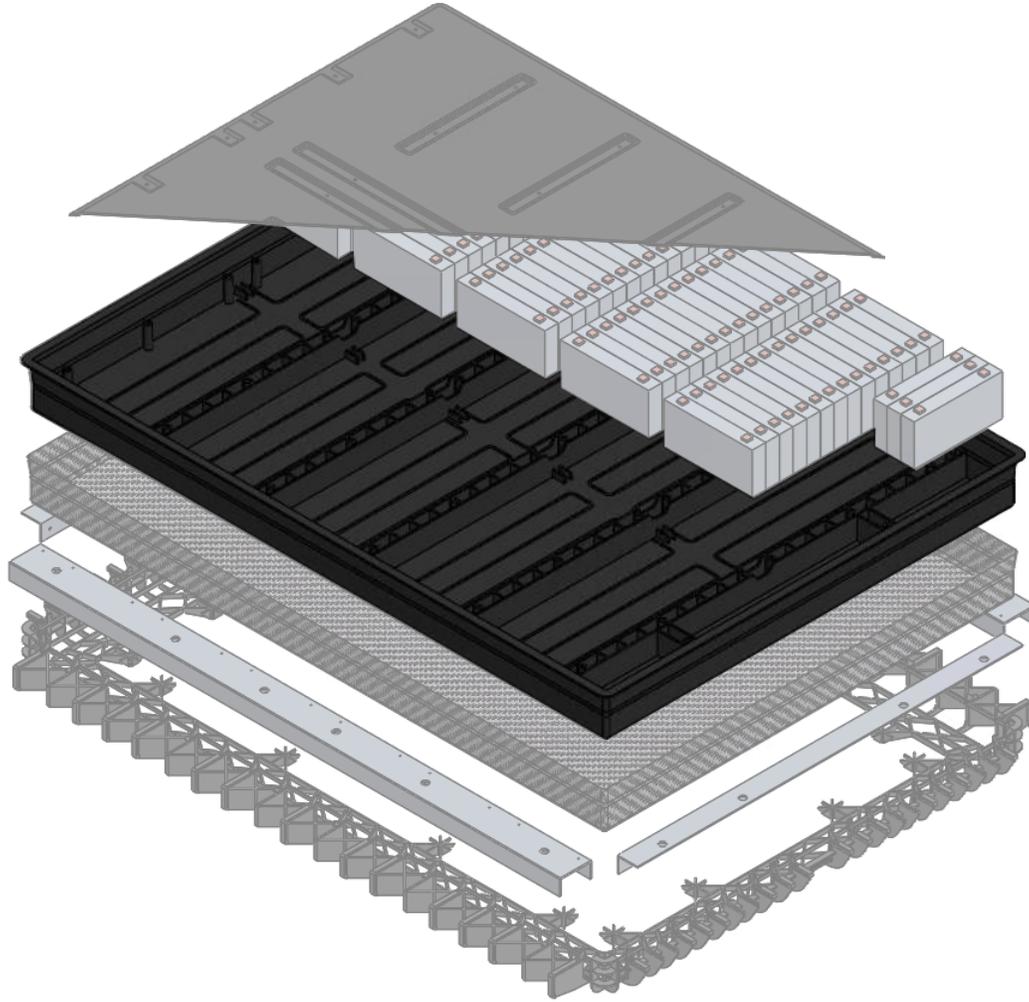


### Gewählte Konfiguration:

UD-Tape	BüFa Slittape PA6 GF660
Haftvermittlerfolie	Nolax A22.5011 100g (Co-PA PP zweischichtig)
EMV-Schirm	Statex Shieldex Bremen RS

# Auslegungsrouten

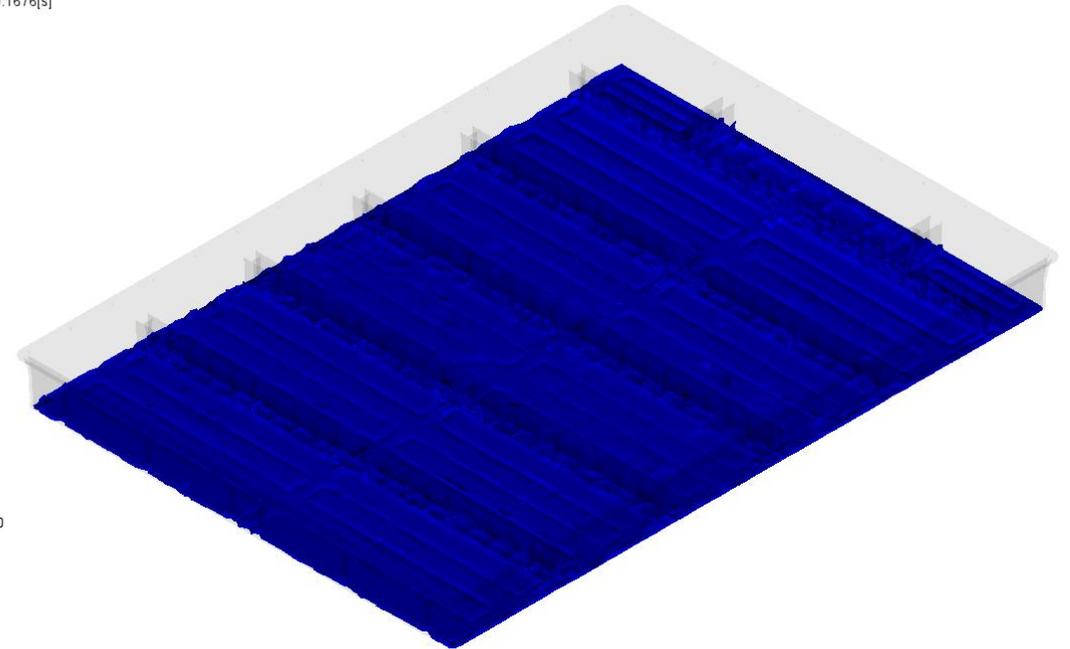
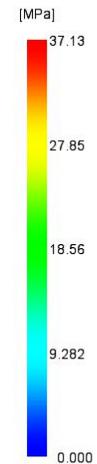
## Fertigungsorientierte Auslegung – Fließpressvorgang



Auslegung des Fließpressvorganges hinsichtlich:

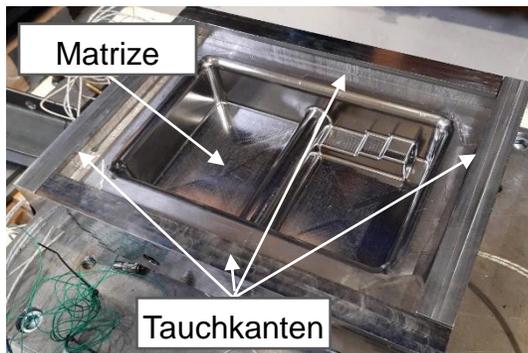
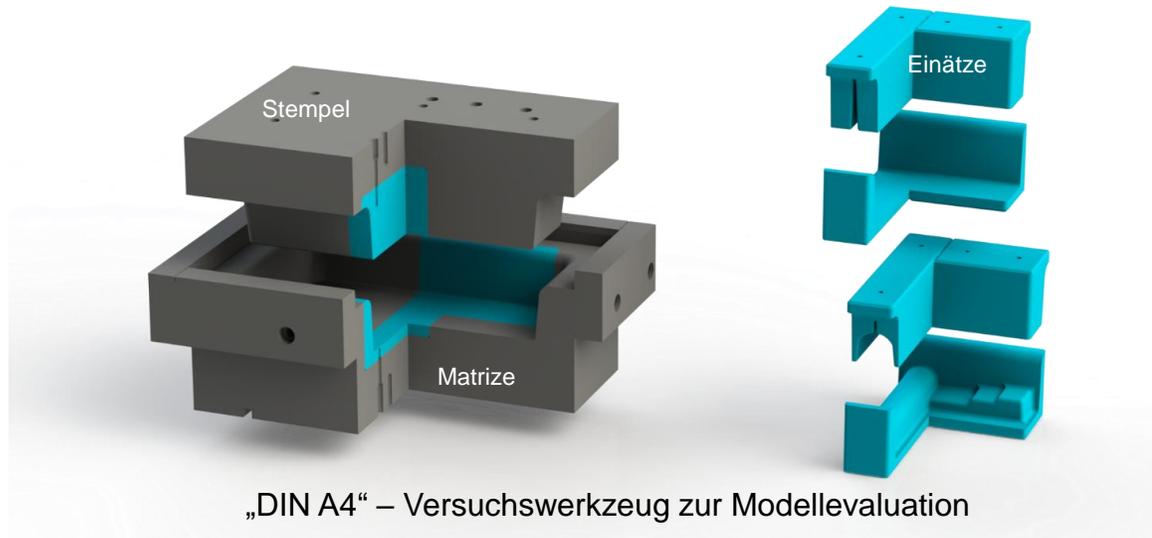
- Initialer Materialverteilung
- Zeitabhängige Druckverläufe
- Ermittlung Presskräfte
- Formfülleigenschaften

Druck  
Zeit = 0.1676[s]



# Auslegungsrouten

## Fertigungsorientierte Auslegung – Aufnahme von Versuchsdaten



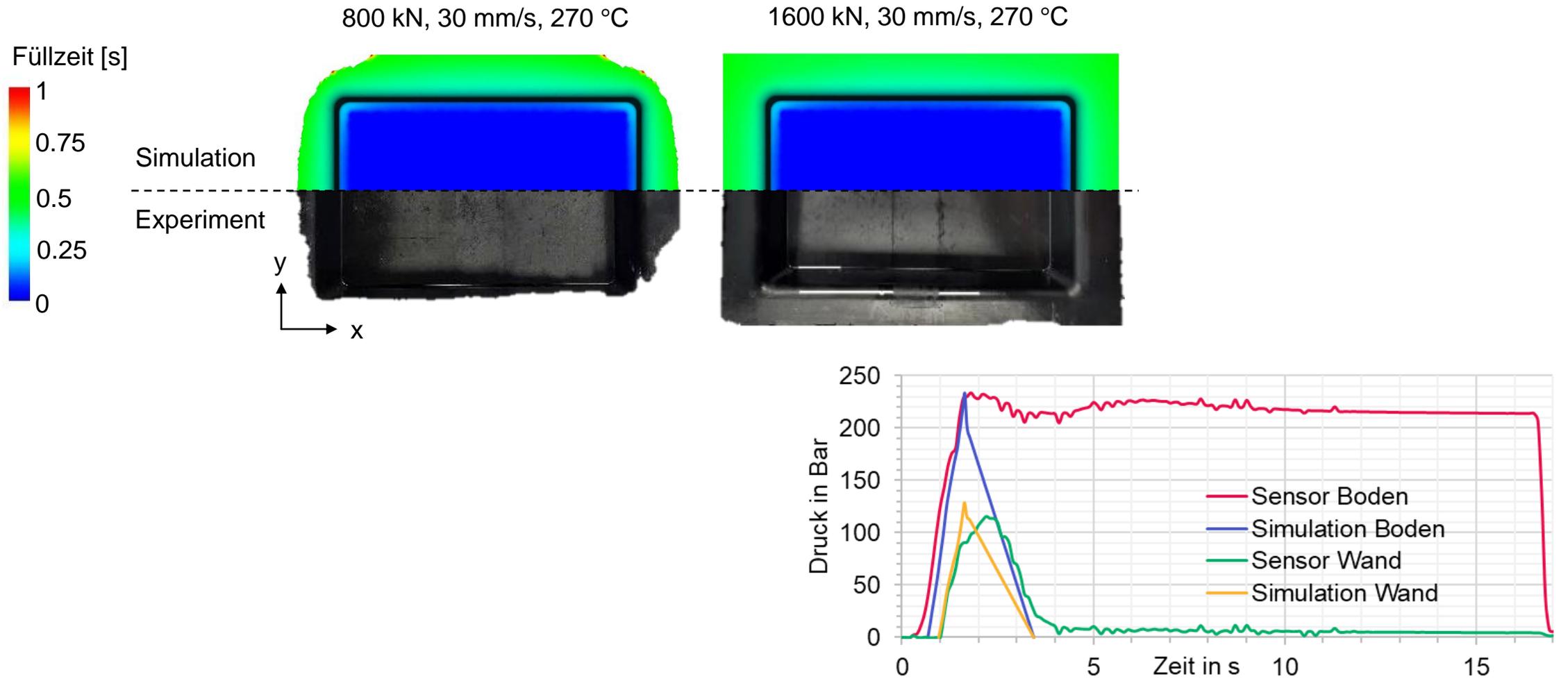
Matrize mit integrierten Sensoren

### Prozessparameter

Werkzeugtemperatur	90-120 °C
Ofentemperatur	280 °C
Umformtemperatur (ca.)	260-270 °C
Presskraft	1200-1800 kN
Arbeitsgeschwindigkeit	10-50 mm/s
Haltezeit	15 s

# Auslegungsrouten

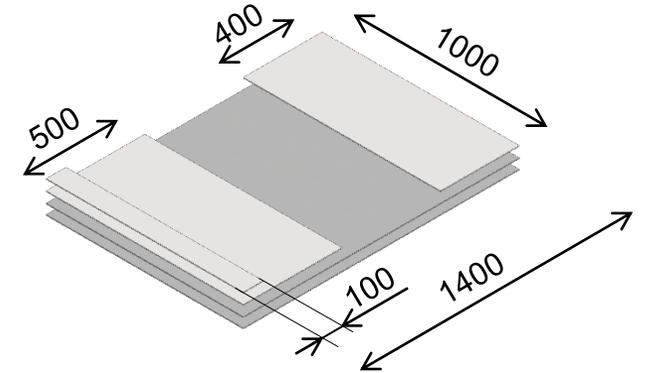
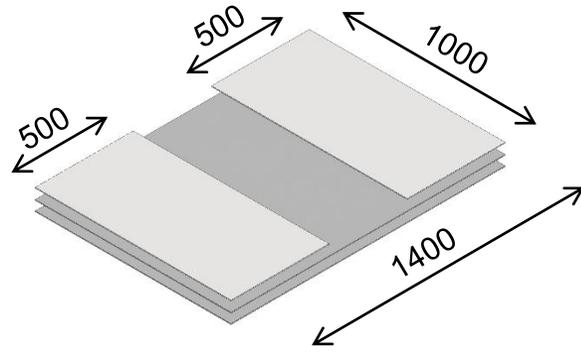
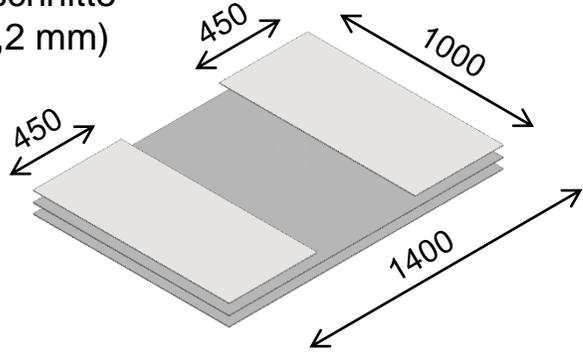
## Fertigungsorientierte Auslegung – Modellevaluation



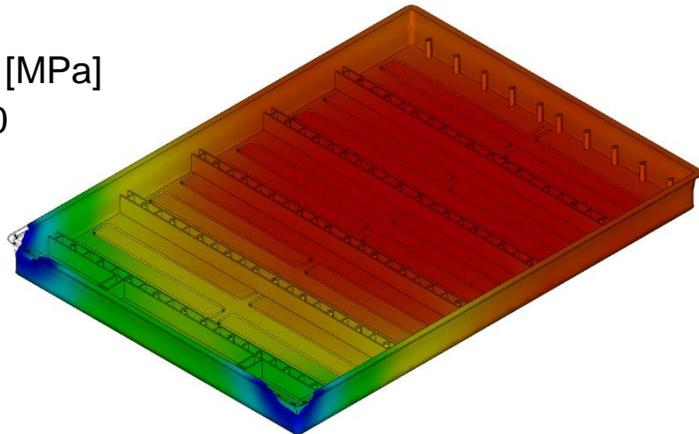
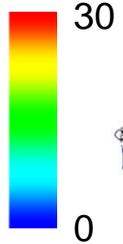
# Auslegungsrouten

## Fertigungsorientierte Auslegung – Modellanwendung

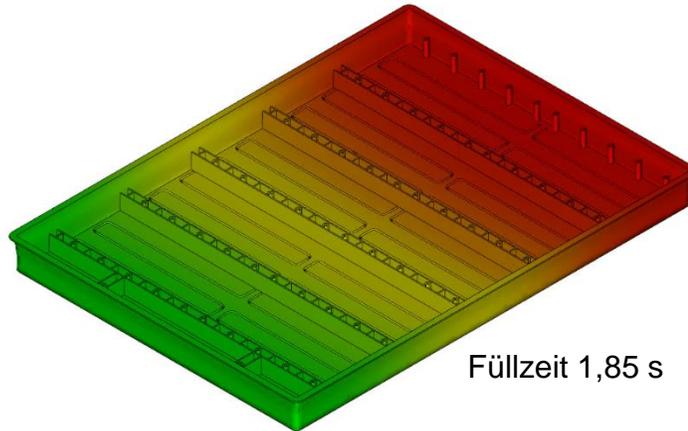
GMT-Zuschnitte  
(Dicke 4,2 mm)



Druck [MPa]

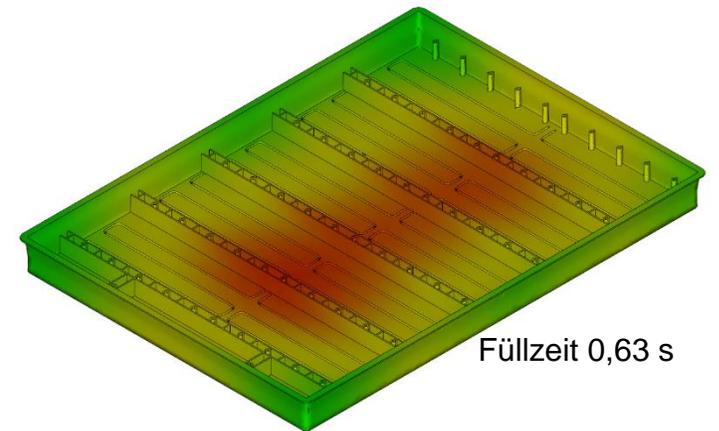


Unvollständige  
Formfüllung



Füllzeit 1,85 s

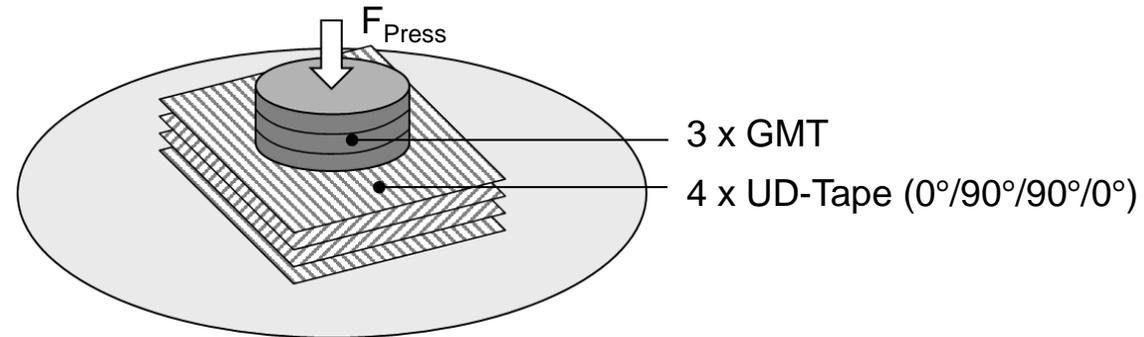
Inhomogene  
Druckverteilung



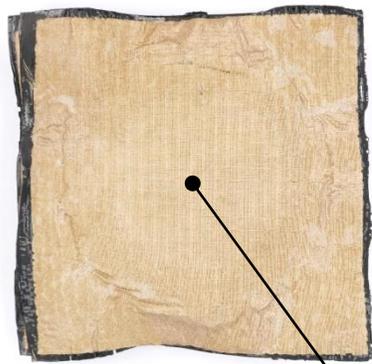
Füllzeit 0,63 s

# Auslegungsrouten

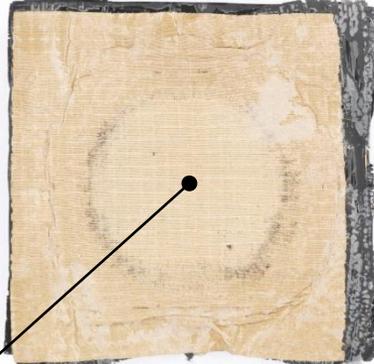
## Fertigungsorientierte Auslegung – Evaluation Prozessgrenzen



T 240 °C  
v 5 mm/s  
h 7 mm



T 240 °C  
v 20 mm/s  
h 7 mm

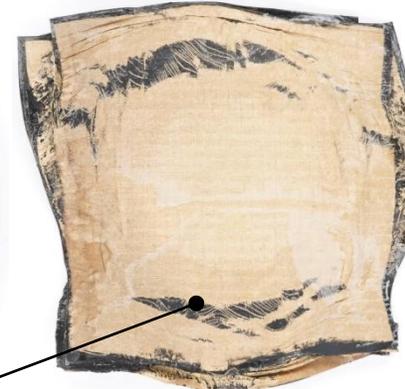


EMV Vlies intact

T 240 °C  
v 5 mm/s  
h 10 mm



T 240 °C  
v 20 mm/s  
h 10 mm

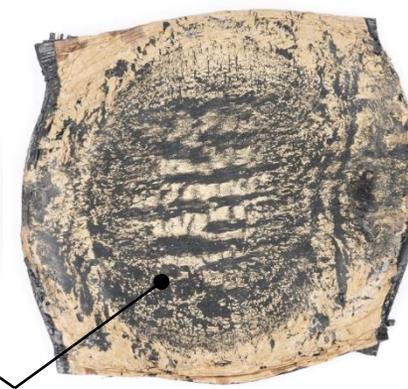


Risse durch zunehmende  
Fließwege

T 260 °C  
v 20 mm/s  
h 10 mm



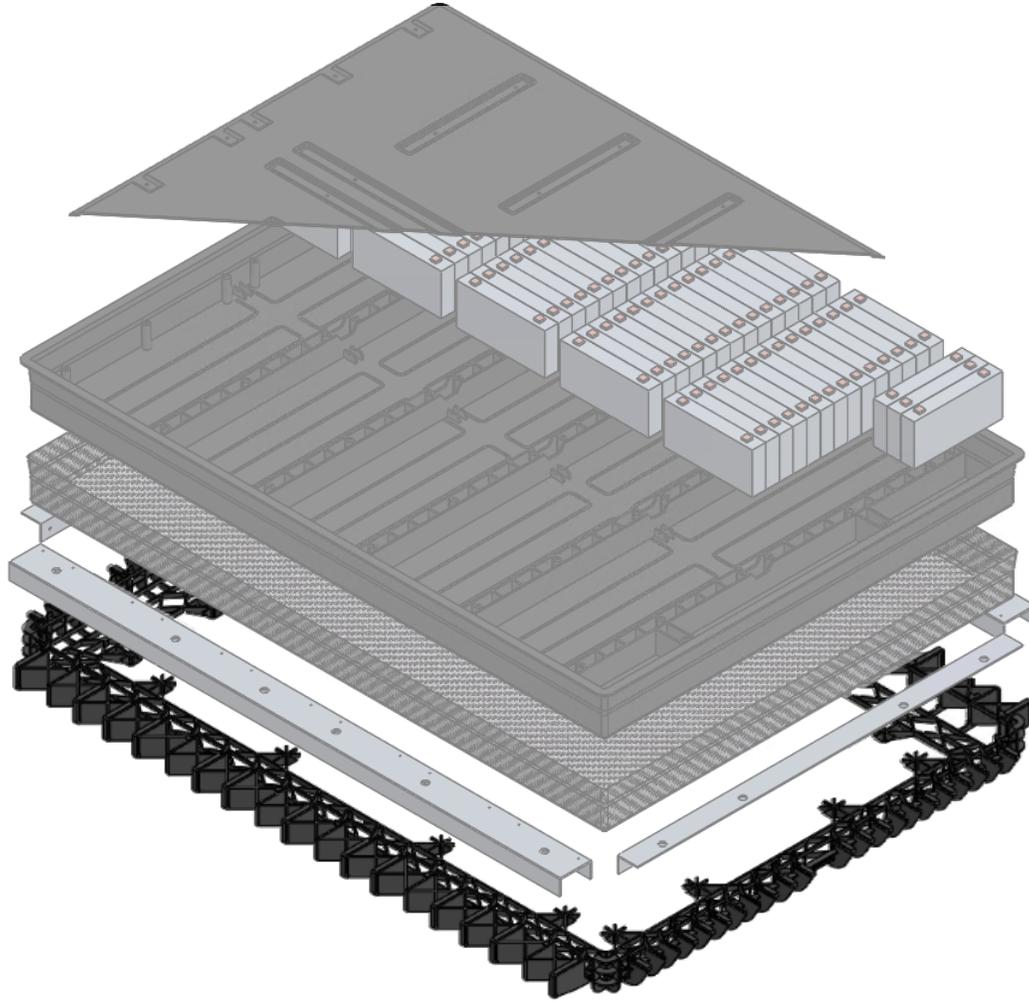
T 280 °C  
v 20 mm/s  
h 10 mm



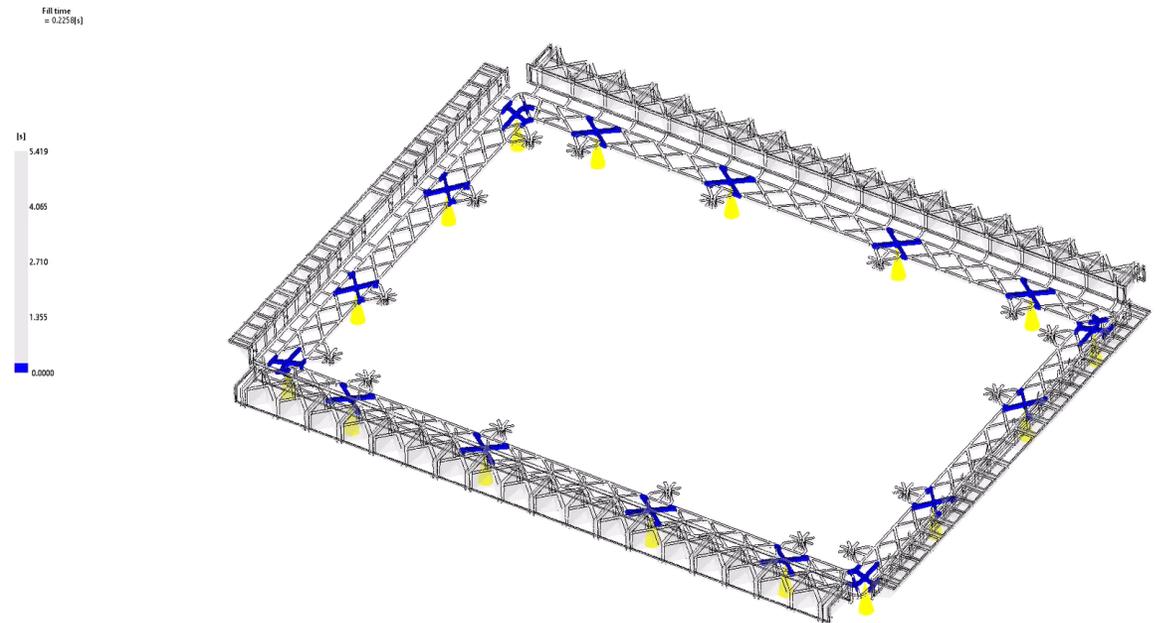
Risse / Versagen des Vlies aufgrund  
zunehmender Temperatur

# Auslegungsrouten

## Fertigungsorientierte Auslegung – Spritzgießrippen

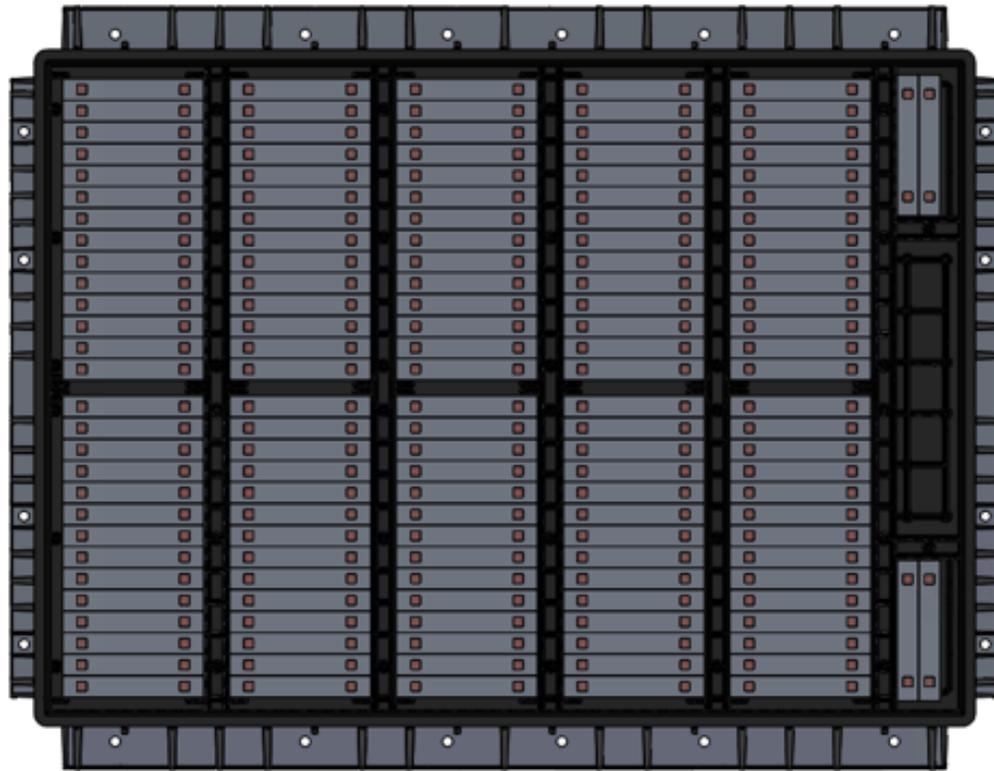


- Auslegung des Spritzgießvorganges hinsichtlich
  - Lage und Anzahl Anschnitte (Heißkanal)
  - Füllregime (geöffnete Düsen/kaskadisch)
  - Druck- und Temperaturverteilung
  - Formfüllung

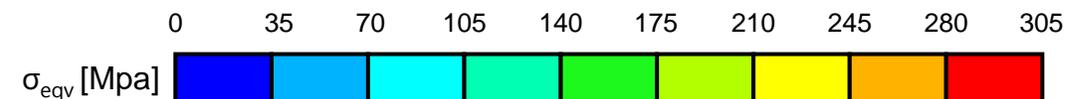
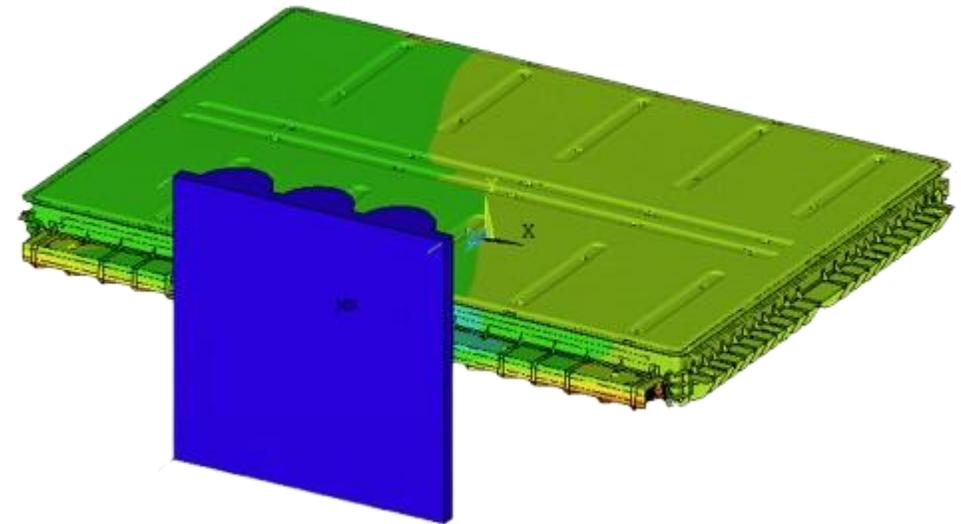


# Auslegungsrouten

## Designevaluation – Crush-Test



- Durchführung nach ISO 6469-1: *Electrically propelled road vehicles — Safety specifications*
- ➔ Eindringversuche eines Testkörpers mit maximal 100 kN
- ➔ Keine Zellschädigungen



# Agenda

---

01 Stand der Technik zu Traktionsbatteriesystemen

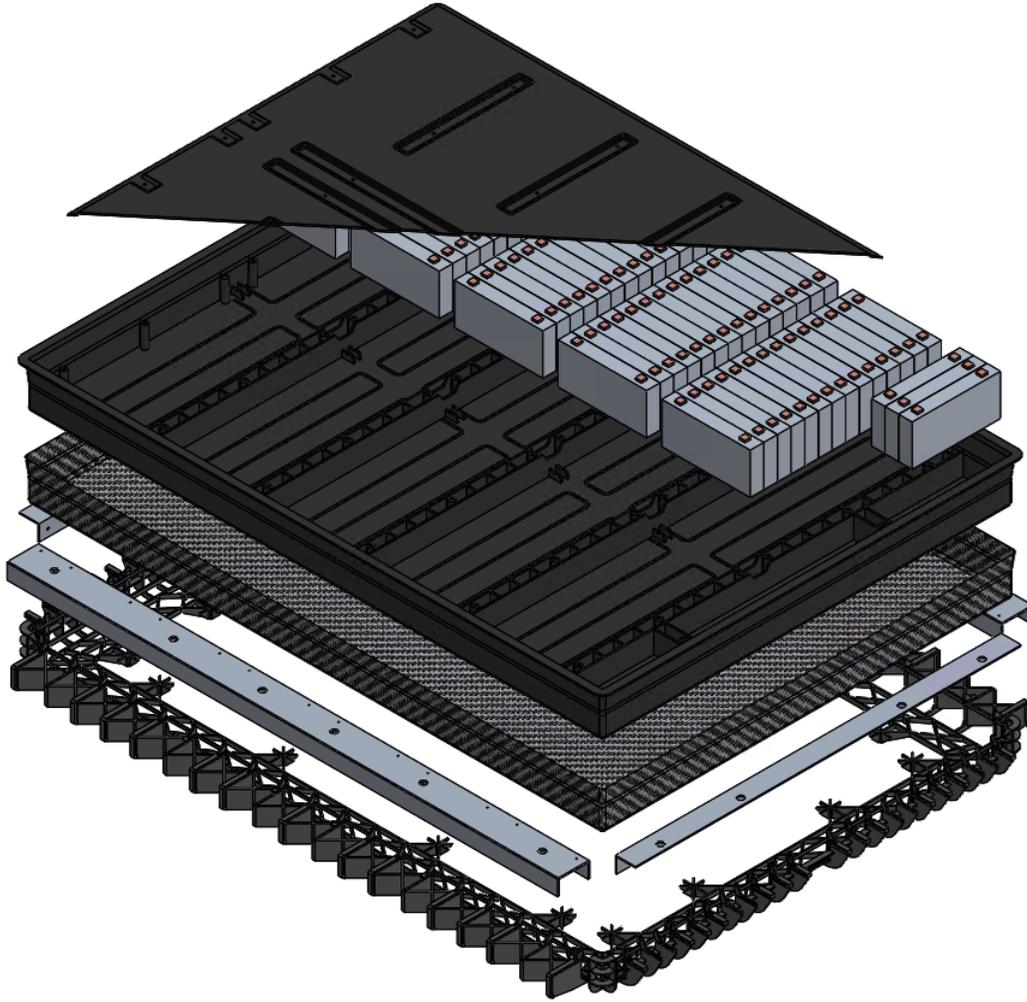
02 Auslegungsrouten zur Entwicklung eines Batteriesystemgehäuses

**03 Fertigung eines Batteriesystemgehäuses**

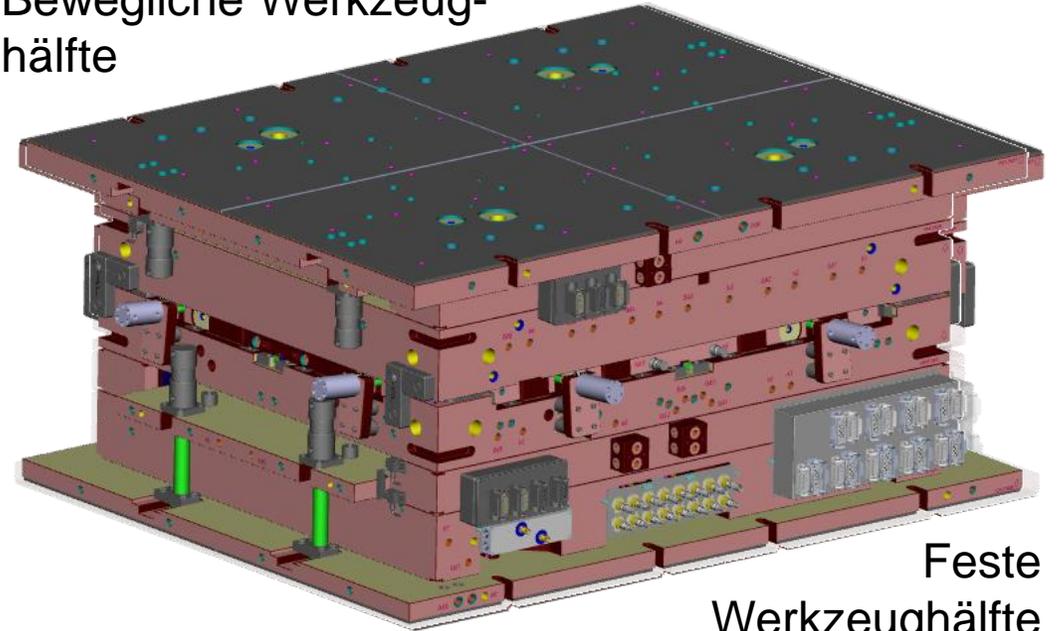
04 Zusammenfassung der Projektergebnisse

# Fertigung eines Batteriegehäuses

## Werkzeugauslegung



Bewegliche Werkzeug-  
hälfte



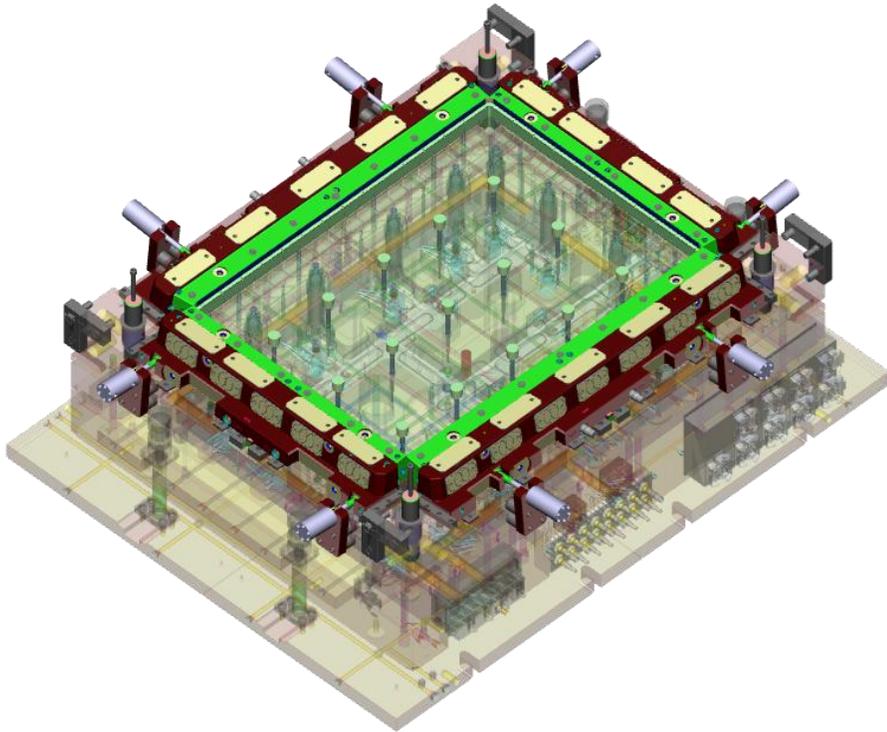
Feste  
Werkzeughälfte

- Gewicht: ca. 26.000 kg
- Abmaße: 3.440 x 2.155 x 1.300 mm
- Beidseitige Auswerferei

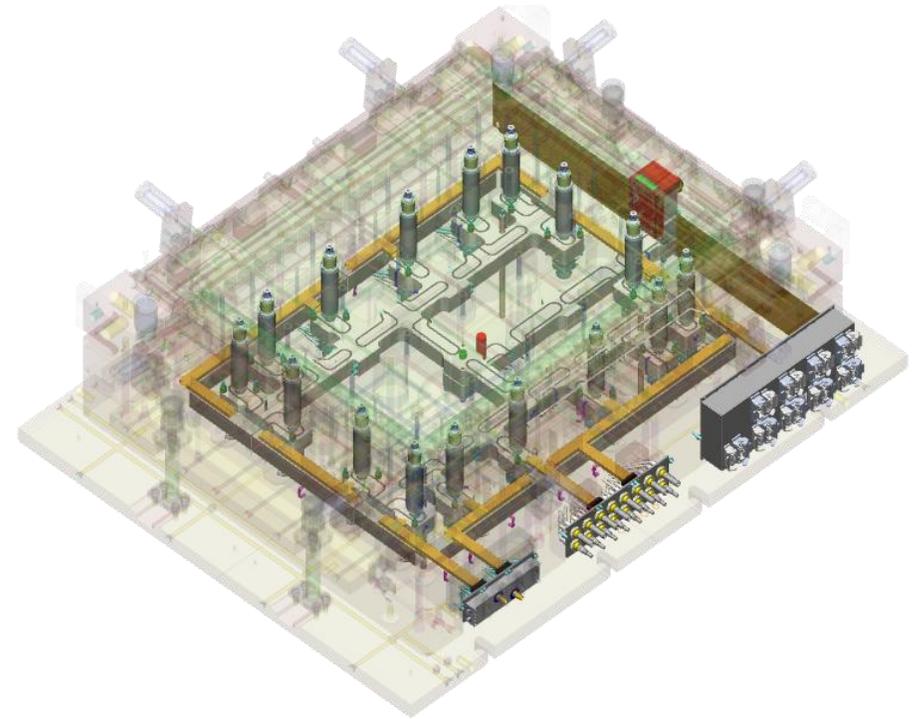
# Fertigung eines Batteriegehäuses

## Werkzeugauslegung

Einsatz von parallel verfahrenbaren  
**Backenschiebern** zur Klemmung des  
Crashrahmens (Aluminiumprofile)



Implementierung eines Heißkanalsystems  
mit **16 Anspritzpunkten** und Möglichkeit  
zur kaskadischen Steuerung

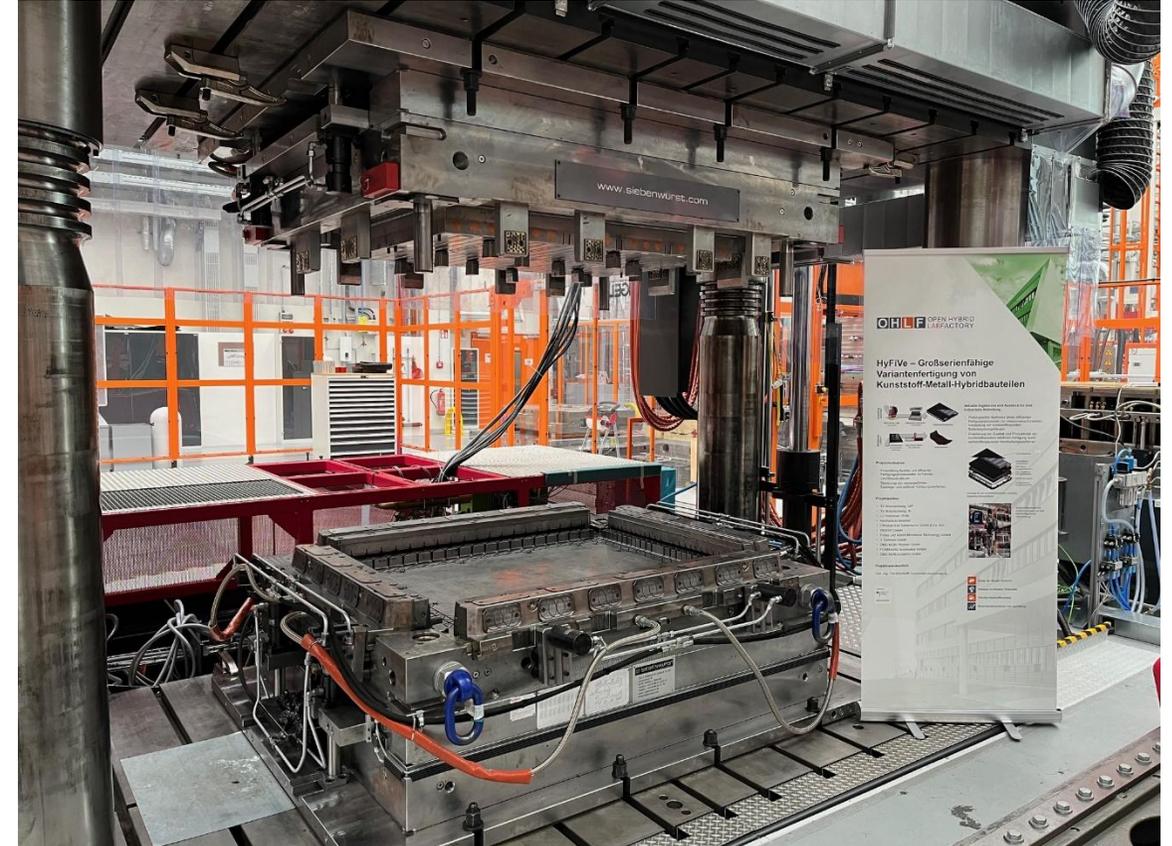


# Fertigung eines Batteriegehäuses

## Werkzeugfertigung und -abmusterung



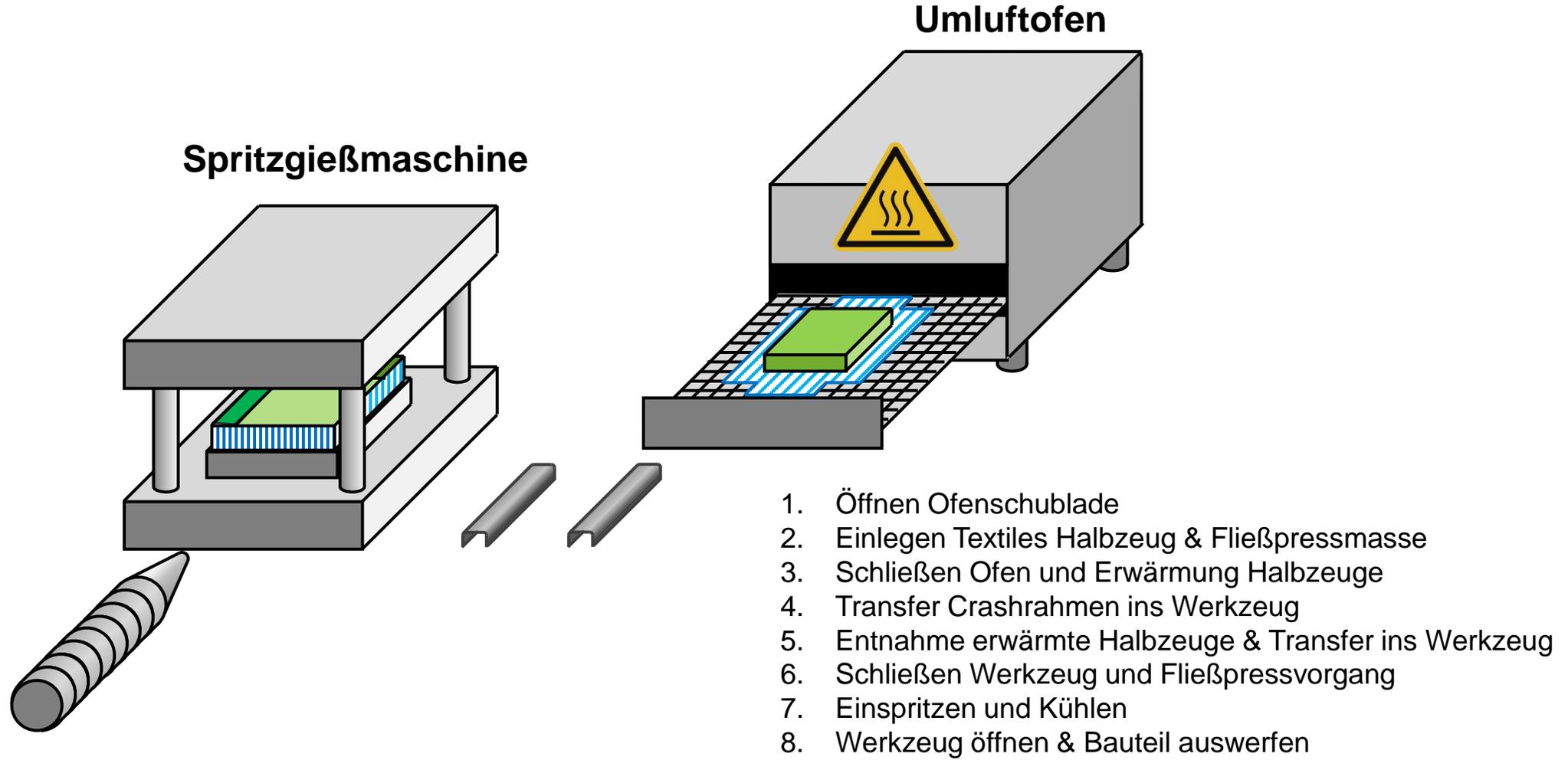
Herstellung des im Projekt „HyFiVe“ genutzten Spritzgießwerkzeugs beim Projektpartner „Siebenwurst“



Gerüstetes Werkzeug auf Spritzgießmaschine ENGEL v-duo 3.600 im Technikum der OHLF

# Fertigung eines Batteriegehäuses

## Konzeptionierung des Fertigungsablaufes



# Fertigung eines Batteriegehäuses

## Fertigung auf Spritzgießmaschine ENGEL v-duo 3.600

1. Einlegen Metallrahmen
2. Einlegen faserverstärkter Kunststoffhalbzeuge
3. Werkzeug schließen bis kurz vor Kontakt
4. Paralleles Schließen und Auswerferrückzug
5. Werkzeugverschluss
6. Pressen mit bis zu 36.000 kN über 52 mm
7. Einspritzen und Kühlen
8. Werkzeug öffnen
9. Öffnen der Schieber und Bauteil auswerfen



# Agenda

---

01 Stand der Technik zu Traktionsbatteriesystemen

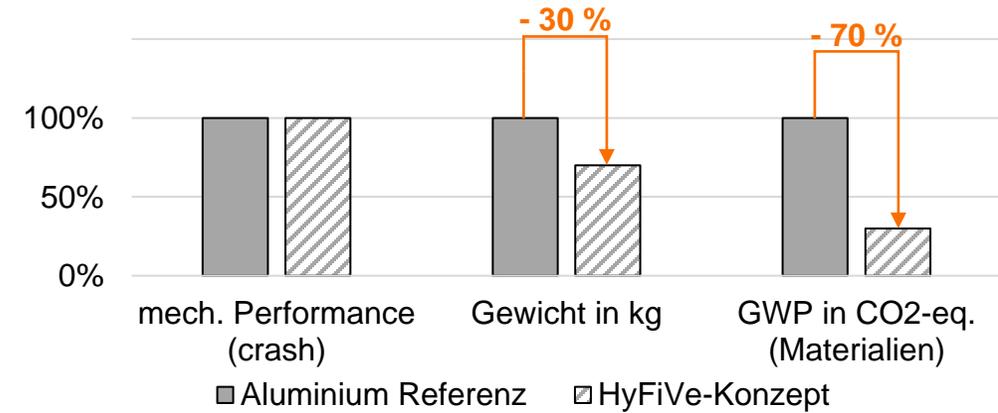
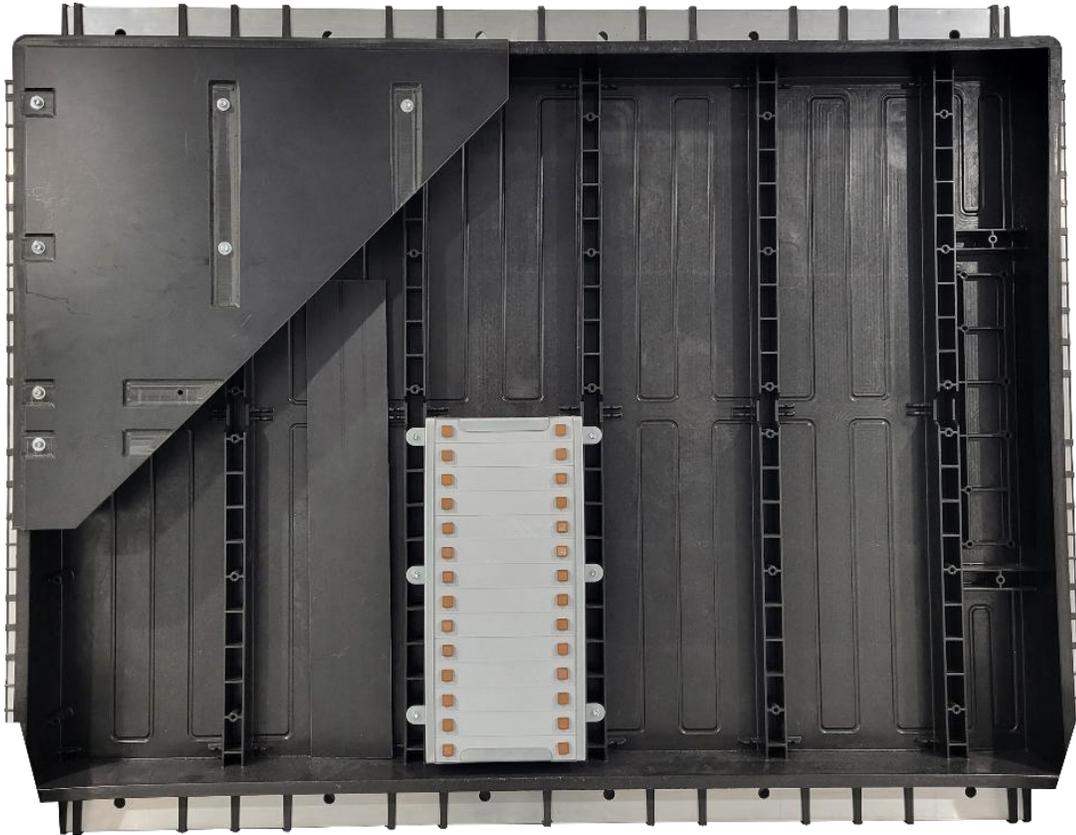
02 Auslegungsrouten zur Entwicklung eines Batteriesystemgehäuses

03 Fertigung eines Batteriesystemgehäuses

**04 Zusammenfassung der Projektergebnisse**

# Zusammenfassung der Projektergebnisse

## Ergebnis und Evaluation



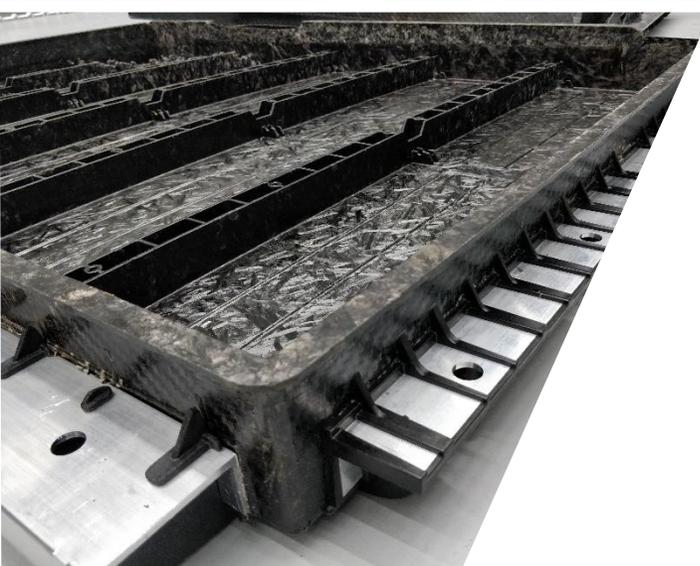


**OHLF** OPEN HYBRID  
LABFACTORY

# „HyFiVe“ – Großserienfähige Variantenfertigung von Kunststoff- Metall-Hybridbauteilen

Projektabschluss

15.05.2025



---

Dr.-Ing. Werner Berlin

Gefördert durch:



**FORSCHUNGS  
CAMPUS**

öffentlich-private Partnerschaft  
für Innovationen

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages