

# Schlussbericht

- TU Chemnitz -

## Verbundprojekt "GroKuBat"

### Entwicklung eines großserienfähigen Kunststoff-Batteriegehäuses

Förderkennzeichen: 19121049G  
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2022 bis 31.12.2024  
Fachprogramm: Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Verbundpartner

Rolle	Partner	Ansprechpartner	Adresse	Kontakt
1 (K)	MAHLE Filtersysteme GmbH [MAHLE]	Rüdiger Knauß	Pragstraße 26-46 D-70376 Stuttgart	+49 (0) 711 501-20109 Ruediger.Knauss@mahle.com
2 (P)	Formenbau GF GmbH [GF]	Martin Dietze	Am Federnwerk 5 D-09496 Marienberg	+49 (0) 3735 9166 0 Martin.Dietze@formenbau-gf.de
3 (P)	In2p GmbH [In2p]	Joachim Knirsch-Haberstroh	Waiblinger Straße 124 D-70734 Fellbach	+49 (0) 163 4978917 J.Knirsch@in2p.com
4 (P)	Gerlinger Industries GmbH [Gerlinger]	Rudolf Gerlinger	Schwarzhammermühle D-08491 Netzschkau	+49 (0) 3765 39020 Rudolf.Gerlinger@gerlinger-industries.de
5 (P)	Technische Universität Chemnitz, Institut für Strukturleichtbau [TUC]	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nendel	Reichenhainer Straße 31/33 D-09126 Chemnitz	+49 (0) 371 531 32545 Wolfgang.Nendel@hrz.tu-chemnitz.de
6 (P)	Wickert Maschinenbau GmbH [Wickert]	Stefan Herzinger	Wollmesheimer Höhe 2 D-76829 Landau in der Pfalz	+49 (0) 6341 9343 31 S.Herzinger@wickert-presstech.de
7 (P)	Fraunhofer ICT [ICT]	Sebastian Zürn	Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7 D-76327 Pfinztal	+49 (0) 721 4640 621 Sebastian.Zuern@ict.fraunhofer.de

**MAHLE** 

**IN2P GmbH** |  **GERLINGER**   
innovation to product polyurethane

  
Strukturleichtbau  
Kunststoffverarbeitung

**WICKERT**  
hydraulic presses

 **Fraunhofer**  
ICT

# Inhalt

Abkürzungsverzeichnis .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	5
1 Kurzdarstellung .....	7
I. Aufgabenstellung .....	7
II. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	7
III. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	7
IV. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde .....	8
V. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	9
2 Eingehende Darstellung .....	10
I. Verwendung der Zuwendung und des Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	10
II. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	28
III. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	28
IV. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	29
V. Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	29
VI. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses .....	30

# Abkürzungsverzeichnis

<b>A</b>			
Al			
Aluminium .....	14		
<b>E</b>			
E-Modul			
Elastizitätsmodul.....	14		
<b>G</b>			
GF			
Formenbau GF GmbH .....	2		
GroKuBat			
Großserienfähiges Kunststoff-Batteriegehäuse.	7		
<b>I</b>			
ICT			
		Fraunhofer ICT .....	2
		In2p	
		In2p GmbH.....	2
		<b>L</b>	
		LF	
		Lastfall.....	14
		<b>R</b>	
		Rp <sub>0,2</sub>	
		0,2%-Dehngrenze .....	20
		<b>T</b>	
		TUC	
		Technische Universität Chemnitz .....	2

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der am Projekt beteiligten Partner .....	9
Abbildung 2:	1. Zuschnittplan auf Basis der ersten Konstruktionsentwürfe des Batteriegehäuses .....	10
Abbildung 3:	Auszug der Materialprüfplatten inkl. Zuschnittgeometrie der Prüfkörper für die erforderlichen Materialuntersuchungen zur Bauteildimensionierung und exakten Materialkonfektionierung.....	12
Abbildung 4:	Batteriegehäuse zusammengefügt aus 2 Modulen mit einer Gesamtkapazität von 82 kWh bestehend jeweils aus Batteriewanne, Deckel und Innentrennwänden zur Versteifung der Struktur.....	13
Abbildung 5:	Modellaufbau mit 1-fachen Intrusionskörper (oben) sowie Faservorzugsrichtung (unten).....	15
Abbildung 6:	Materialmodelle für PA6 und PP, welche im Rahmen der Simulation Verwendung fanden .....	16
Abbildung 7:	Simulationsergebnisse des Batterieträgers in Abhängigkeit des Materials des Einlegers (oben/schwarzer Graph: PA6, unten/orangener Graph: PP).....	16
Abbildung 8:	Anlagenlayout zur presstechnischen Herstellung des Kunststoffbatteriegehäuses.....	17
Abbildung 9:	Versuche zur Handhabe der Kaltplatinen mit dem überarbeiteten Sauggreifer in der Fertigungszelle der GroKuBat-Prozesskette.....	21
Abbildung 10:	Einbau des 16 t schweren Batteriegehäusewerkzeuges in die Pressenanlage im Technikum der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffbearbeitung .....	22
Abbildung 11:	Prüfung der Funktionsweise der Auswerferstifte im Gesenk für die manuelle und spätere automatisierte Baueilentnahme mittels Umgreifens bzw. Unterfahrens.....	22
Abbildung 12:	Prüfung der Formfüllung des Mittelkanals sowie symmetrischen Materialeinzugs über das Ergebnis eines abgebrochenen Pressvorgangs.....	23
Abbildung 13:	Fertiges voll ausgeformtes Bauteil aus GMT50 mit Innenansicht (links) und Bodenansicht (rechts).....	23
Abbildung 14:	Transfer der Kaltplatine vom Magazin zur Vorwärmstation mittels Sauggreifer am Ofen und Magazin überspannenden Portalhandling .....	25
Abbildung 15:	Transfer der gelofteten Warmplatinen von der Vorwärmstation zur Presse mittels Nadelgreifern und linearem Transfersystem .....	26
Abbildung 16:	Fließpressen der Warmplatinen bestehend aus GMT und UD zu einem endbearbeitungsnahen Bauteil .....	26
Abbildung 17:	Baueilentformung aus dem Gesenk mit definierter Höhenpositionierung zur Übergabe an das halbautomatische Entnahmehandling .....	26
Abbildung 18:	Werkzeugfallende, endbearbeitungsnaher glasfaserverstärkter thermoplastischer Batteriewanne, welche mit einer einzigen Großplatine hergestellt wurde .....	27



# 1 Kurzdarstellung

## I. Aufgabenstellung

Die Ziele im Verbundvorhaben "GroKuBat" waren einerseits die Entwicklung eines Kunststoff-Batteriegehäuses für die Montage am Fahrzeug-Unterboden und andererseits die Darstellung eines für eine Großserie geeigneten Herstellungsprozesses auf Basis des entwickelten Produktdesigns. Bei der Verfolgung dieser Ziele stand die gesamtheitliche Betrachtung inklusive Fahrzeug-Rohbaustruktur sowie Material- und Werkzeug-Technologie im Vordergrund.

Die Arbeitspakete für die TU Chemnitz waren konkret die prozessketten- und fertigungsgerechte Bauteilentwicklung des Kunststoff-Batteriegehäuses sowie die Prozessevaluierung und -optimierung, Bauteilherstellung auf der Technikumsanlage.

## II. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Bei rein batterieelektrisch betriebenen Pkw hat sich die im Unterboden des Fahrzeugs angeordnete Traktionsbatterie als Bauform etabliert. Trotz der dadurch erreichten, günstigen Schwerpunktlage, bleibt die Forderung nach gewichtsreduzierten Batterien bestehen, da ein hohes Gewicht weiterhin negative Auswirkungen auf Reichweite und Fahrdynamik hat.

Der verstärkte Einsatz von Leichtbau-Materialien für Batteriegehäuse, wie z.B. von glasfaserverstärkten Thermoplasten, ist eine vielversprechende Option dem hohen Gewicht entgegenzuwirken. Grundlegende Forschungsarbeiten der letzten Jahre haben aufgezeigt, dass die hohen mechanischen, thermischen und elektrischen Anforderungen mit diesen Werkstoffen umsetzbar sind.

Im Rahmen dieses Verbundvorhabens sollte ein derartiges Gehäuse für einen Großserieneinsatz unter Einbezug der gesamten Wertschöpfungskette entwickelt und aufgebaut werden. Design und spätere Fertigungsmöglichkeiten standen hierbei in engen Wechselwirkungen. Die optimierte Gestaltung der Fertigungsprozesse, die Auslegung und Auswahl der Materialien über Simulation und praktische Umsetzung und die Entwicklung eines fertigungsgerechten Gehäusedesigns, welches gleichzeitig eine verbesserte Integration in Karosseriestrukturen ermöglicht, wurden im geplanten Vorhaben parallel betrachtet und in einen Demonstrator überführt.

## III. Planung und Ablauf des Vorhabens

Wie im nachfolgenden Terminplan in Tabelle 1 ersichtlich ist, konnten die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete so zugeschnitten werden, dass die Verantwortung jeweils eindeutig einem Konsortialpartner zugewiesen werden konnte. Auch die notwendige Unterstützung oder Unterbeauftragung in den Arbeitspaketen ist darin vermerkt. Da eine kostenneutrale Projektverlängerung beantragt wurde, war die Projektlaufzeit nicht wie zu Beginn nur 33 Monate, sondern betrug am Ende 36 Monate, was zur Zielerreichung unabdingbar war.

Tabelle 1: Terminplan für das Gesamtprojekt

			1. Jahr			2. Jahr			3. Jahr				
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
UA* = Unterauftrag; ZB = Zwischenbericht; SB = Schlussbericht; PA = Projektabschluss; MS = Meilenstein													
Lead	Arbeitspakete	Support											
MAHLE	<b>0 Projektmanagement</b>												
	0.1 Koordination der Projektarbeit inkl. Abfassung der Zwischenberichte für Projekt- und Zuwendungsgeber	alle		ZB		ZB		ZB		ZB		ZB	
MAHLE	0.2 Erstellung des Schlussberichts für Projekt- und Zuwendungsgeber	alle											SB
	<b>1 Entwicklung eines großserienfähigen Kunststoff-Batteriegehäuse-Designs</b>												
	1.1 Pflichtenhefterstellung	in2p											
	1.2 Definition und Ausarbeitung des Gesamtbatterielayouts	in2p	MS1										
	1.3 3D-CAD-Konstruktion des Batteriegehäuses in CATIA V5	in2p				MS2							
	1.4 FEM-Simulation des CAD-Designs	TUC											
	1.5 Erstellung von 2D-Zeichnungen des Batteriegehäuses												
	1.6 Aufbau seriennaher Batterie-Prototypen	TUC											MS3
	1.7 Crash einer Bodengruppe inkl. Batteriegehäuse entsprechend einem erarbeiteten Ersatzlastfall	in2p											
1.8 Gesamtheitliche Bewertung des Projekts in Bezug auf die Projekt- und Entwicklungsziele	alle												PA
in2p	<b>2 Entwicklung eines Karosserie-Rohbaudesigns zur Integration des Kunststoff-Batteriegehäuses</b>												
	2.1 Bauraumdefinition für Batteriegehäuse	MAHLE											
	2.2 Design einer abgestimmten Rohbaustuktur/Bodengruppe + Materialdefinition	MAHLE											
	2.3 Definition der Befestigung des Batteriegehäuses an die Rohbaustuktur	MAHLE				MS1							
	2.4 Simulation des Batteriegehäuses im Rohbau (z.B. Seitencrash, Frontcrash, Small Overlap, etc.)							MS2					
2.5 Aufbau der Rohbaustuktur/Bodengruppe und Versuchsdurchführung	UA* Diverse Dienstleister											MS3	MS4
Gerlinger	<b>3 Weiterentwicklung thermoplastischer Verbundwerkstoffe</b>												
	3.1 Erstellung Materialanforderungskatalog (Faserart / Faserbindung / Faser-Matrix-Verhältnis)	MAHLE											
	3.2 Mustermaterialherstellung							MS1					
	3.3 Musterherstellung Technikum (Erforschung Verarbeitungsparameter)								MS2				
	3.4 Ermittlung mechanischer Kennwerte (statisch, dynamisch) und Versuchbegleitung durch Gerlinger	UA* thermoPre											MS3
3.5 Support bei der Herstellung von Prototypen													
MAHLE	<b>4 Prozesssimulation der Serienfertigung des Kunststoff-Batteriegehäuses</b>												
	4.1 Erstellung Anforderungskatalog für die Prozesssimulation	UA* Simutence	MS1										
	4.2 Weiterentwicklung Prozesssimulation für GMT-Prozesse	UA* Simutence				MS2							
	4.3 Erstellung von Materialkarten für die im Prozess betrachteten Materialien	UA* Simutence, Gerlinger, ICT											
	4.4 Simulative Bewertung des Herstellungsprozesses	UA* Simutence							MS3				
	4.5 Datenaggregation und Erstellung eines digitalen Zwillings	UA* Simutence								MS4			
4.6 Schnittstellenentwicklung und Datentransfer für die Struktursimulation	UA* Simutence, thermoPre												
Wickert	<b>5 Automatisierungskonzept</b>												
	5.1 Erarbeitung des Automatisierungskonzeptes	MAHLE, TUC											
	5.2 Anpassung der Presse an die Erfordernisse zur Herstellung des Batteriegehäuses (Erhöhung der Presskraft)	UA* Parker Hannifin			MS1								
	5.3 Konzipierung und Bau eines Greifersystems zum Transfer der Kaltplatinen	UA* Steinbeis							MS2				
	5.4 Entwicklung und Konstruktion eines Transfersystems vom Ofen zur Presse für die Warmplatinen/Platinenstapel	UA* Steinbeis											
	5.5 Erarbeitung und Umsetzung einer Strategie zur Aufrechterhaltung der Vorwärmtemperatur der Warmplatinen	TUC											
	5.6 Aufbau und Einbindung des Transfer- und Greifersystems in die vorhandene Pressenanlage	UA* Steinbeis, TUC											MS3
5.7 Abstimmung der Gesamtanlage und Begleitung der Fertigung	TUC												
TUC	<b>6 Prozessketten- und fertigungsgerechte Bauteilentwicklung zur Herstellung des Kunststoff-Batteriegehäuses</b>												
	6.1 Erstellung des Pflichtenheftes	GF, Wickert, MAHLE											
	6.2 Ermittlung der Materialkennwerte und Aufbau einer Materialdatenbank als Basis für die Berechnung	UA* thermoPre, Gerlinger					MS1						
	6.3 Entwicklung eines material- und fertigungsgerechten Batteriegehäuses	MAHLE, Gerlinger											
	6.4 Bauteilauslegung und Berechnung (Strukturberechnung, Crashberechnung)	UA* thermoPre											MS2
	6.5 Prozessentwicklung	GF, Wickert											
6.6 Auslegung des Presswerkzeuges	GF, Wickert												
GF	<b>7 Planung und Realisierung des Werkzeuges</b>												
	7.1 Analyse der Anforderungen von geteilten Werkzeugkonzepten an den Werkzeugbau	TUC											
	7.2 Konzeption des Presswerkzeuges für großflächige Bauteile	TUC, Wickert, MAHLE											
	7.3 Werkzeugtemperierung und Heizzonenanordnung	TUC, Wickert					MS1						
	7.4 Werkzeugkinematik für Gesenk- und Schieberverfahrbewegungen incl. Konstruktions-FMEA	UA* Diverse Dienstleister											
	7.5 Konstruktion des Werkzeuges									MS2			
	7.6 Fertigung und Montage des Werkzeuges	UA* Diverse Dienstleister											MS3
	7.7 Anpassungsarbeiten, Korrekturschleifen und Änderungen als Ergebnis der Prozessversuche	TUC, Wickert											
7.8 Abstimmung, gesamtheitliche Begleitung in Bezug auf die werkzeugtechnischen Projekt- und Entwicklungsziele	alle												
TUC	<b>8 Prozessevaluierung und -optimierung, Bauteilherstellung</b>												
	8.1 Einfahren der erweiterten Pressenanlage	Wickert											
	8.2 Werkzeugbemusterung	GF											MS3
	8.3 Bauteilabmusterung und Herstellung von Prototypenteilen	MAHLE, Gerlinger											
	8.4 Prozessevaluierung	MAHLE, Gerlinger, Wickert, GF											
8.5 Fertigung unter Serienbedingungen (Zykluszeitermittlung, etc.)	MAHLE, GF, Wickert												MS4
Fraunhofer ICT	<b>9 LCA</b>												
	9.1 Definition Ziel- und Untersuchungsrahmen	MAHLE					MS1						
	9.2 Sachbilanz	MAHLE, Gerlinger, TUC, Wickert											MS2
	9.3 Wirkungsabschätzung	MAHLE											
9.4 Auswertung	MAHLE												MS3

#### IV. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Das Institut für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung an der TU Chemnitz hatte bereits in vorangegangenen Forschungsvorhaben am Thema endlosfaserverstärkter großserienfähiger Strukturbauteile, hergestellt im Fließpressverfahren, geforscht. Mit den bereits bestehenden Maschinen zur Herstellung thermoplastischer Pressteile war bereits eine ausgezeichnete Basis für die Prozessentwicklung und die Erweiterung zu einer automatisierten Fertigungslinie gelegt worden.

## V. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben dem Konsortialführer MAHLE Filtersysteme GmbH als Initiator des Forschungsvorhabens konnten gemeinsam noch weitere Partner für die anstehenden Aufgabenstellungen im Projekt gewonnen werden. Dies sind (Aufgabenschwerpunkte in Klammern):

- in2p GmbH (Karosserieentwicklung)
- Gerlinger Industries GmbH (Herstellung/Laminierung von thermoplastischen Materialien)
- Wickert Maschinenbau GmbH (Automatisierung Pressenlinie)
- Formenbau GF GmbH (Werkzeugaufbau)
- Fraunhofer ICT (Life Cycle Assessment).

Zudem waren mit der SIMUTENCE GmbH, dem Steinbeis Innovationszentrum ALP, der Parker Hannifin GmbH und der thermoPre ENGINEERING GmbH weitere assoziierte Partner beteiligt, wie in der folgenden Übersicht (Abbildung 1) veranschaulicht.

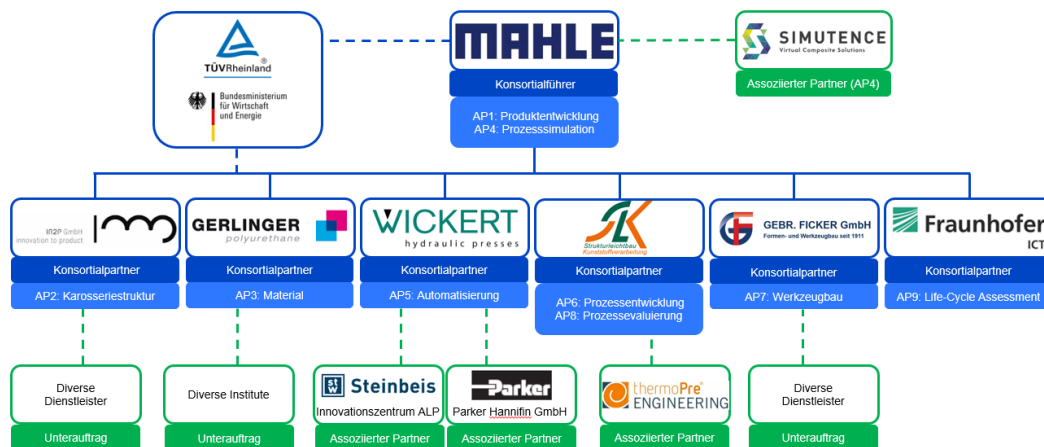


Abbildung 1: Übersicht der am Projekt beteiligten Partner

## 2 Eingehende Darstellung

### I. Verwendung der Zuwendung und des Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

#### AP 6: Prozessketten- und fertigungsgerechte Bauteilentwicklung zur Herstellung des Kunststoff-Batteriegehäuses

##### Erstellung des Pflichtenheftes

Das enorme Potential endlosfaserverstärkte thermoplastische Bauteile wurde bereits in vorangegangenen Projekten aufgezeigt. In diesem Arbeitspaket sind in Vorbereitung der Prozessketten- und fertigungsgerechten Bauteilgestaltung erforderliche Grundlagen erarbeitet worden. Hierzu zählt die Erstellung eines Prozesspflichtenheftes ebenso, wie die Ermittlung relevante mechanische Materialdaten inkl. der Entwicklung eines material- und fertigungsgerechten Batteriegehäuses.

Auf der Grundlage des CAD-Models wurde ein 1. Zuschnittplan entwickelt. Um eine prozesssichere automatisierte Fertigung zu gewährleisten, galt es vordergründig die Anzahl der Platinen zu minimiert. Hierfür wurden Halbzeuge entwickelt, die in den Wandstärken von ca. 8 mm bis 12 mm reichen und damit erheblich von den am Markt derzeit verfügbaren Wandstärken von ca. 3 mm bis 5mm abweichen.

Die für den Gehäuserand (Crashstruktur) vorgesehenen schmalen, streifenähnlichen GMT Platinen (5 Stück) werden perspektivisch substituiert und sollen durch eine große Multimaterial-Platine ersetzt werden. In der Abbildung 2 ist jener 1. Zuschnittplan dargestellt.

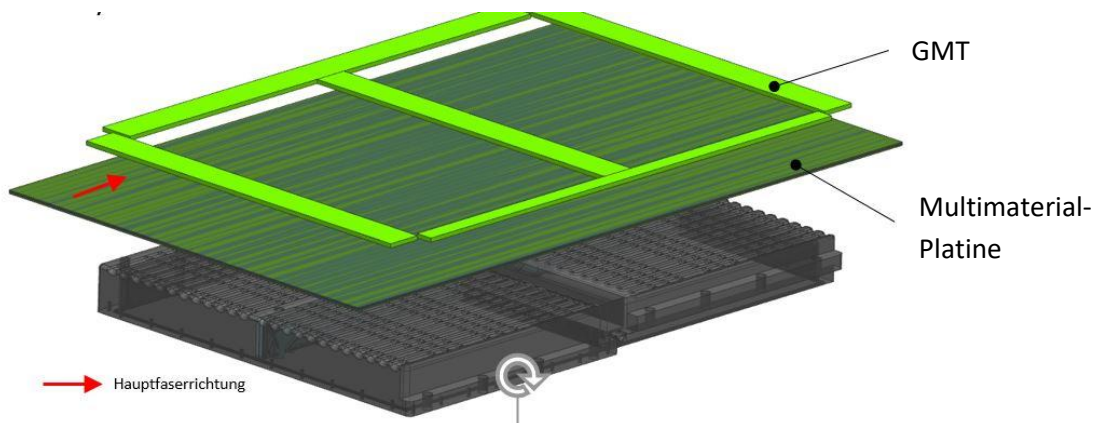


Abbildung 2: 1. Zuschnittplan auf Basis der ersten Konstruktionsentwürfe des Batteriegehäuses

Dieser aus 6 Platinen bestehende Zuschnittstapel würde entsprechend der vorhandenen Erfahrungswerte bereits eine prozesssichere automatisierte Fertigung in sehr kurzer Zykluszeit ermöglichen und damit dem Pflichtenheft zur automatisierten seriennahen Herstellung einer Batteriegehäusestruktur Genüge leisten. Nichtsdestotrotz soll im weiteren Projektverlauf der Zuschnittplan noch weiter verein-

facht und die Anzahl der Platinen auf ein Minimum reduziert werden. Herkömmliche verfügbare Platinen müssten in einer Vielzahl gestapelt werden und würden den Beschickungsaufwand und die Automatisierbarkeit deutlich verkomplizieren bis hin zu unmöglich machen.

Andere Punkte des Pflichtenheftes beziehen sich auf die Geometrie und Dimension des Bauteils zur presstechnischen Herstellung auf der zur Verfügung stehenden Pressenanlage im Technikum der TU-Chemnitz auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll.

### Ermittlung der Materialkennwerte und Aufbau einer Materialdatenbank als Basis für die Berechnung

Zur Ermittlung der Materialkennwerte für die neuen Multimaterial-Systeme sind grundlegende Materialversuche bzw. Materialaufbauten zu betrachten. Neben den reinen mechanischen Kennwerten, die maßgebend für die Nutzungsphase sind, gibt es auch jene, die für die Bearbeitung von großer Bedeutung sind. Insbesondere die Änderung der Geometrie der Halbzeuge während des Vorwärmprozesses ist hier zu nennen. Durch das Lofting der GMT-Komponente infolge der sich aufstellenden Langglasfasern ist ein enormer Materialdickenzuwachs zu verzeichnen, so dass bspw. eine ursprünglich 10 mm starke Multimaterialplatine auf 38 mm anwächst und damit eine Dickenzunahme von 280 % erfährt. Dies ist zwingend bei der Dimensionierung der Greifer zu berücksichtigen und Grundlage für die Automatisierungskonzepte sowie der Detaillösungen im Werkzeugaufbau.

In Weiterführung der begonnenen Arbeiten zur Kennwertermittlung wurden Mustermaterialien hergestellt und eine Vielzahl von Normprüfkörpern zur Materialcharakterisierung konfektioniert. Ein Auszug der Materialprüfplatten und notwendigen Prüfkörper sind in Abbildung 3 zu sehen.

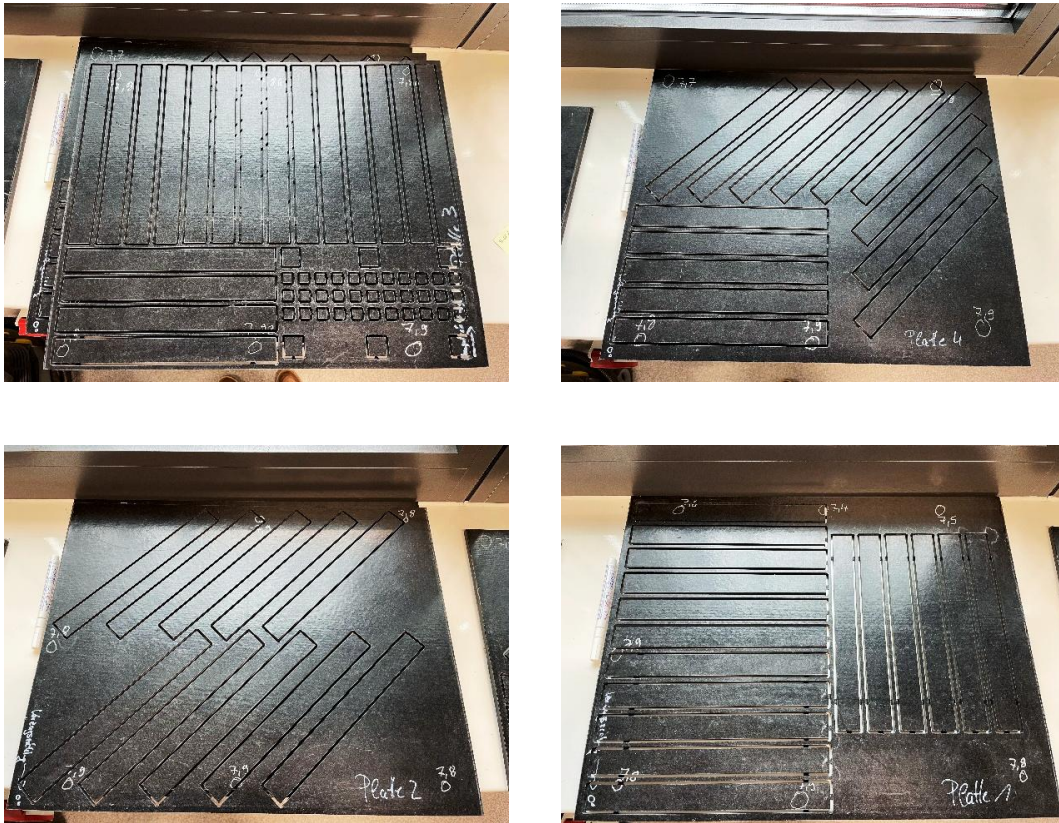


Abbildung 3: Auszug der Materialprüfplatten inkl. Zuschnittgeometrie der Prüfkörper für die erforderlichen Materialuntersuchungen zur Bauteildimensionierung und exakten Materialkonfektionierung

Um Vorschädigungen des Materials bei der Probenpräparation durch zu raue und weglaufende Schnittkanten (z.B. Wasserstrahlschneiden) zu vermeiden, wurden diese mit einem Schafffräser auf einer Datron NEO Fräsmaschine aus den Platten herausgelöst.

Die daraus gewonnenen Daten dienen in der Folge zum Aufbau der erforderlichen Materialdatenbank, um das Material in der FEM-Berechnung entsprechend beschreiben zu können und zutreffende Aussagen zum Schadensverhalten zu erlangen. Exemplarisch ist für den statischen Lastfall, als eine der drei Prüfungsgeschwindigkeiten die Zugfestigkeit für die GMT40-Materialkomponente mit 40 prozentiger Glasfaserfüllung in der nachstehenden Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Zugfestigkeit der Materialkomponente GMT 40 unter statischer Belastung und Raumtemperatur Vergleich der verschiedenen Konsolidierungsprozesse

Material	GMT40		
$\varphi$ [°]	0°	45°	90°
T [°C]	RT		
$E_t$ [MPa]	5768	5286	4621
$\sigma_m$ [MPa]	60,7	54,3	42,6
$\varepsilon_m$ [%]	1,7	1,7	1,6

### Entwicklung eines material- und fertigungsgerechten Batteriegehäuses

Die Entwicklung des material- und fertigungsgerechten Batteriegehäuses wurde in enger Zusammenarbeit gemeinsam im Verbund vorangetrieben und fristgerecht finalisiert. Dieser intensive Prozess der Findung bei dem die Anforderungen an die geforderte Funktionalität und das Eigenschaftsportfolio des Bauteils, der fertigungsgerechten Gestalt mittels Presstechnologie sowie der Automatisierbarkeit, die sich teils diametral gegenüberstanden, musste allumfassend Genüge geleistet werden.

Kleinere Rückkopplungseffekte und minimale Anpassungen am Bauteil sind in Folge der FEM-Berechnungen ggf. noch im weiteren Projektverlauf zu erwarten. Der Konstruktionsstand des Batteriegehäuses zum Zeitpunkt der Bearbeitung des AP6 ist in der nachfolgenden Abbildung 4 zu sehen.

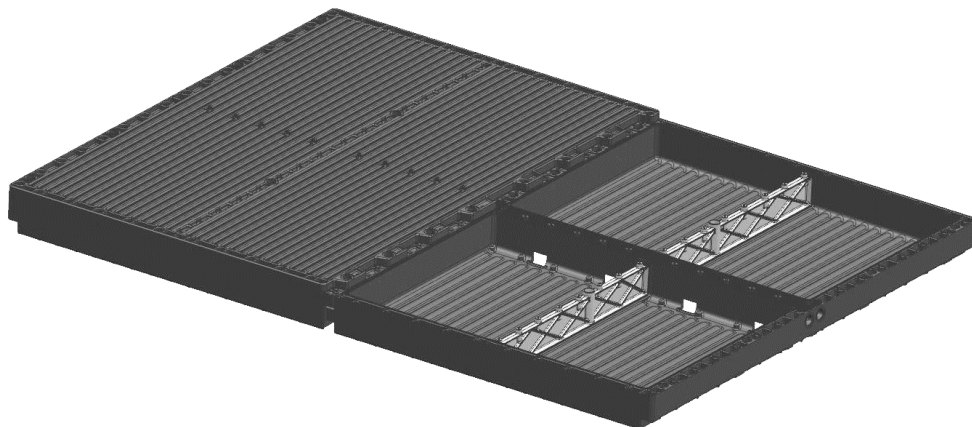


Abbildung 4: Batteriegehäuse zusammengesetzt aus 2 Modulen mit einer Gesamtkapazität von 82 kWh bestehend jeweils aus Batteriewanne, Deckel und Innentrennwänden zur Versteifung der Struktur

## Bauteilauslegung und Berechnung

Aufbauend auf der vorangegangenen Materialcharakterisierung und der Materialkartenerstellung konnte nunmehr die Bauteilauslegung und Berechnung erfolgen. Dem Materialmodell Aufbau liegen nachfolgende Daten zu Grunde.

- Al-Profile und Kühlplatte EN AW 6060 T6 mit elast.-plast. Materialmodell, E-Modul 54 GPa
- Einleger PA6GF40 mit elast.-plast. Materialmodell, E-Modul 8,9 GPa
- HV-Abdeckung PA66GF35, elast.-plast. Materialmodell, E-Modul 9,3 GPa
- Schalenmodellierung
  - Knotenanzahl ca. 715.000
  - Elementanzahl 725.000
  - Elementkantenlänge zw. 1,5 mm und 10 mm
  - Zeitinkrement  $10^{-4}$
- Komponenten
  - Deckel
  - Gehäuse
  - Kühlplatte
  - Einlegeteile
  - Hochvolt-Abdeckung
  - Aluminiumprofile
  - Batterie-Dummy
- Vereinfachungen
  - Schrauben
  - Hülsen

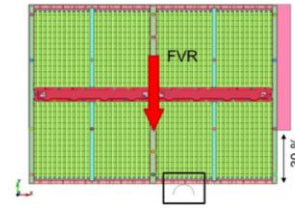
Der zu prüfende Lastfall (LF 1) stellt den Seitenaufprall des Batteriegehäuses auf der Längsseite des Moduls dar. Hierfür wird ein genormter Intrusionskörper von 150 mm Durchmesser als 1-fach- bzw. 3-fach-Stempel in die Struktur gecrusht (Vgl. Abbildung 5).

LF1: Crushing Längsseite



- Crushing Seitenaufprall
- Abstützung an drei Wandbereichen
- 30 % der Länge als freie Zone

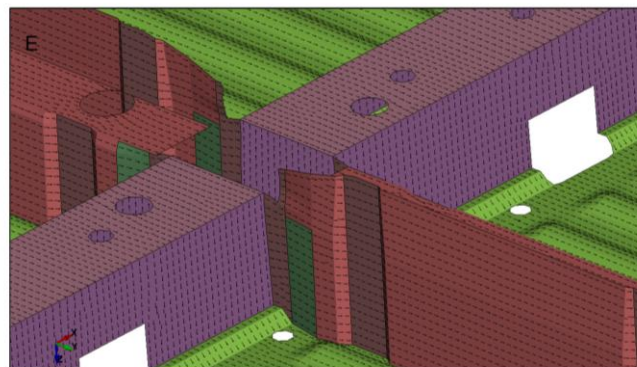
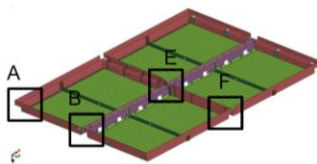
Orientierung: 0°



Orientierung: 90°



Faservorzugsrichtung\_0°



Gehäusekomponentenbereiche mit Multimaterial-System → richtungsabhängig → Ausrichtung nach globaler y-Achse (an Wandung entsprechend z-Achse)

Abbildung 5: Modellaufbau mit 1-fachen Intrusionskörper (oben) sowie Faservorzugsrichtung (unten)

Mit dem Modell wurden verschiedene Rechnungen und Optimierungen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass mit der fließfähigen Materialkomponente GMT40 keine ausreichende Stützwirkung (zu geringe Steifigkeit) für die mechanisch performanteren Endlosfasern erreicht und damit zu wenig Kraft abgebaut werden konnte. Die erforderliche zu erreichende Maximalkraft von 100 kN bei einem Intrusionsweg von 30 % war mit der Materialspezifikation nicht darstellbar. Die ermittelte Maximalkraft mit dem Leergehäuse betrug mit 1-facher Stempelgeometrie lediglich 40 - 60 kN. Erst mit GMT50 im Multimaterial-Aufbau konnte mit dem 1-fach-Stempel die Schwelle mit 112 kN überschritten werden. Ein Auszug der gerechneten Varianten wurde bereits in AP 1 dargestellt, weshalb an dieser Stelle lediglich darauf verwiesen werden soll.

Erwartungsgemäß stellte der 1-fache Intrusionskörper gegenüber dem 3-fach Körper den kritischeren Lastfall dar, weshalb er auch für die finale Auslegung verwandt wurde.

Zur Optimierung des Batteriegehäuses wurde neben dem Material für die presstechnisch herzustellenden Gehäusestruktur auch die Einlegerkomponente nochmals detaillierter untersucht. Aufgrund der höheren Steifigkeit wurde hierfür zunächst PA6 vorgesehen. Aus Gründen der besseren Materialkompatibilität, insbesondere in Bezug auf die Recyclingfähigkeit und geringere Steifigkeitssprünge im

Falle von PP-Einlegern wurden weiterführende FEM-Crushing-Berechnungen vorgenommen. Die vergleichenden Berechnungen basieren auf den nachstehenden Materialmodellen (siehe Abbildung 6).

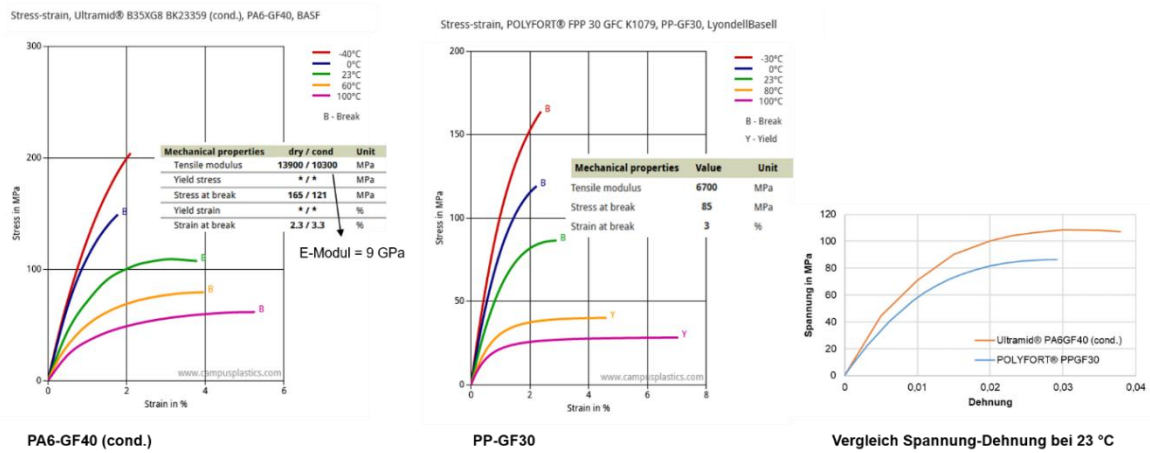


Abbildung 6: Materialmodelle für PA6 und PP, welche im Rahmen der Simulation Verwendung fanden

Der Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Kurven im rechten Bereich der Abbildung 6 zeigt die höhere mechanische Leistungsfähigkeit (20 % höheres Spannungsniveau) von PA6 gegenüber PP. Das vernetzte und aufbereitete Modell wurde mit den entsprechenden Materialdaten untersetzt und die Simulationen durchgeführt. Die Ergebnisse der FEM-Untersuchung sind in Abbildung 7 dargestellt.

Merkmale:

- Stempel
- Material: GMT

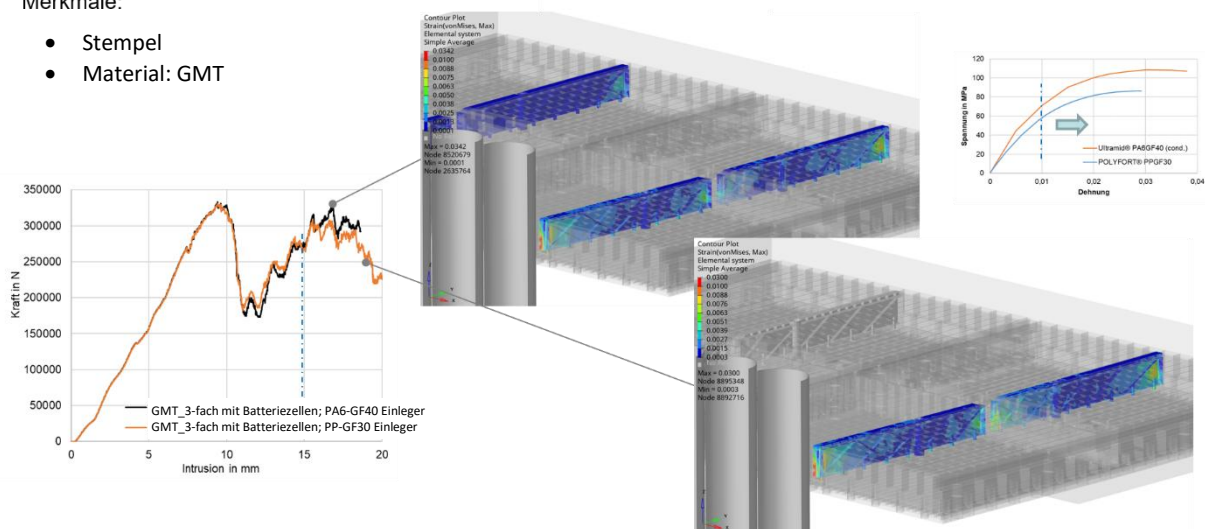


Abbildung 7: Simulationsergebnisse des Batterieträgers in Abhängigkeit des Materials des Einlegers (oben/schwarzer Graph: PA6, unten/orangener Graph: PP)

Aus den Simulationsergebnissen wird deutlich, dass die Matrix für den Einleger eine sehr untergeordnete Rolle für die Gesamtleistung des Batteriegehäuses im Falle des Seitenaufpralltests nach Euro NCAP spielt. Der Kraftabbau in Abhängigkeit der Intrusionstiefe in die Struktur ist bei beiden nahezu

deckungsgleich. Folglich wird PP aufgrund der besseren Materialkompatibilität und der besseren Recyclingfähigkeit als Einlegermatrixmaterial empfohlen.

### Prozessentwicklung

Aufbauend auf dem bestehenden Anlagenkomplex der Presse wurde das Anlagenlayout mit den Bestandanlagen- und Neuanschaffungen prozessbedingt auf die Erfordernisse im Projekt angepasst. Die Planungen hierfür konnten rechtzeitig abgeschlossen werden. In den darauffolgenden Monaten erfolgte dann die technische Umsetzung hierzu. Das Layout der aktualisierten Fertigungszelle ist in der Abbildung 8 schematisch dargestellt.

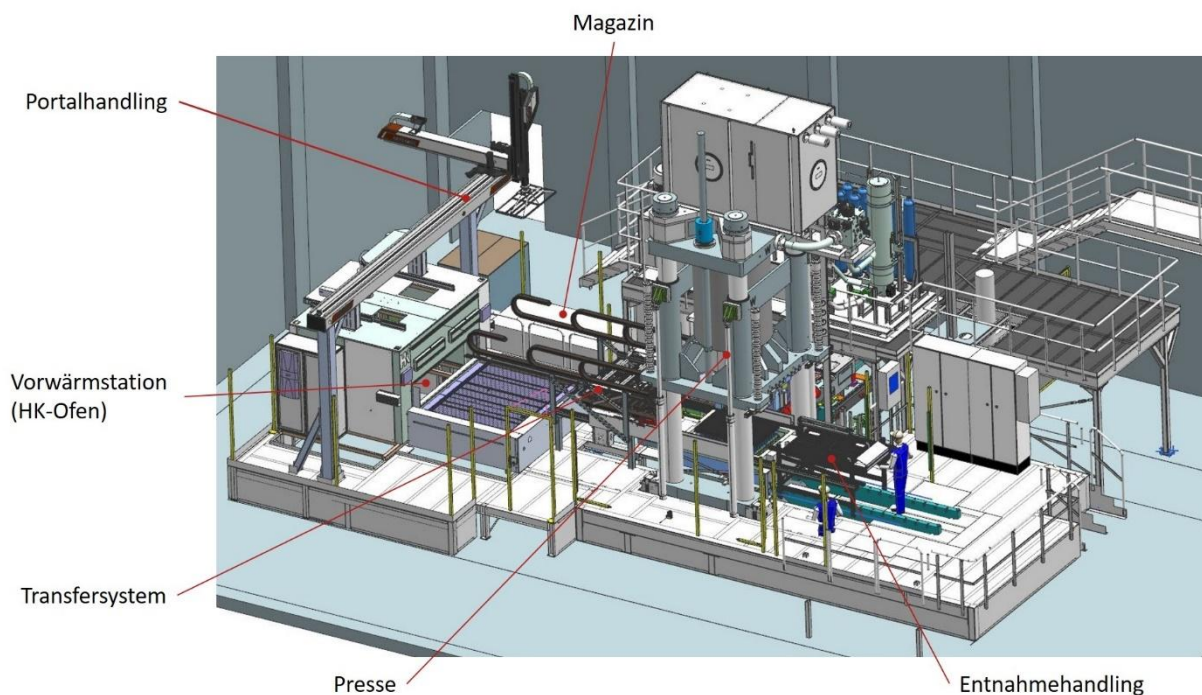


Abbildung 8: *Anlagenlayout zur presstechnischen Herstellung des Kunststoffbatteriegehäuses*

Auf Grundlage dessen wurde der Prozess entwickelt. Die einzelnen Prozessschritte und deren chronologische Abfolge wird anhand des Prozessablaufs beschrieben. Dieser dient als Basis für die Ausgestaltung des Sicherheitskonzeptes und der späteren Prozessprogrammierung durch die Fa. Wickert.

### Auslegung des Presswerkzeuges

Aufbauend auf der langjährigen Erfahrung beim Bau von Presswerkzeugen durch den partizipierenden Werkzeugbauer erfolgte der Konstruktionsentwurf des Werkzeuges. Um mehr Sicherheit bei der Dimensionierung und für die spätere ordnungsgemäße Funktionsweise des Werkzeuges zu erhalten, wurde das Werkzeug seitens der TUC einer FEM-Berechnung unterzogen. Hierzu wurde in einem ersten Schritt (Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5, jeweils in der linken Spalte) ein digitales Modell aufgebaut und mit allen erforderlichen Randbedingungen versehen. Zusätzlich zu den Verschraubungen zwischen den Platten des Werkzeuges gibt es Gleitkontaktzonen im Bereich der Zentrieraufnahme und

reibungsbehafteten Kontakt zwischen den Platten des Werkzeuges. Als Belastung wurde eine Innendruckbeaufschlagung von 300 bar, welche beim Verpressen des Materials wirkt, aufgebracht. Vergleichend hierzu wurde ein zweiter Entwurf mit zusätzlicher Abstützung im inneren Bereich untersucht. Zu sehen ist dieser Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5, jeweils in der rechten Spalte.

Tabelle 3: Werkzeuganalyse zur Herstellung des Batteriegehäuses - Modellaufbau

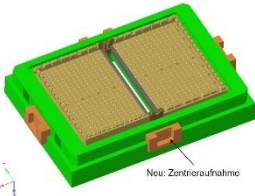
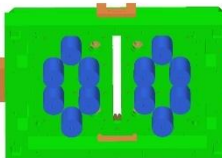
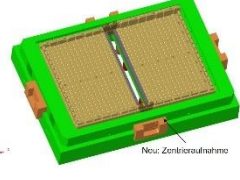
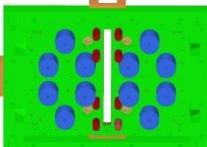
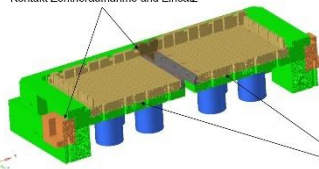

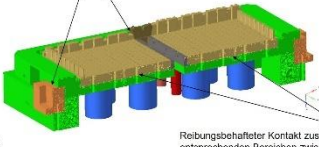

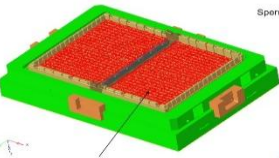
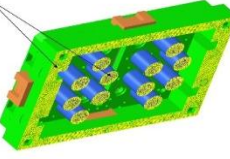
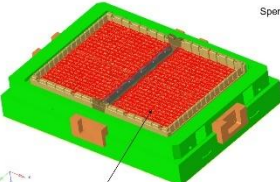
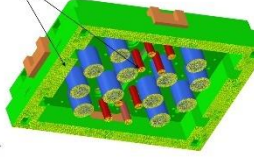
Ursprünglicher Werkzeugstand mit Zentrieraufnahme	Werkzeug mit zusätzl. Abstützung
<i>Modellaufbau</i>	
 <p>Neu: Zentrieraufnahme</p> 	 <p>Neu: Zentrieraufnahme</p> <p>• Einbezogene Komponenten</p> 
<p>Kontakt Zentrieraufnahme und Einsatz</p>  <p>Kontaktflächen</p>  <p>Reibungsbehafteter Kontakt zusätzlich zur Verschraubung an entsprechenden Bereichen zwischen den Platten</p>	<p>Kontakt Zentrieraufnahme und Einsatz</p>  <p>Kontaktflächen</p>  <p>Reibungsbehafteter Kontakt zusätzlich zur Verschraubung an entsprechenden Bereichen zwischen den Platten</p>
<p>Sperrung aller FHG</p>  <p>Druck von 300 bar auf die Formfläche</p> 	<p>Sperrung aller FHG</p>  <p>Druck von 300 bar auf die Formfläche</p> 

Tabelle 4: Werkzeuganalyse zur Herstellung des Batteriegehäuses – Ergebnis Verschiebung

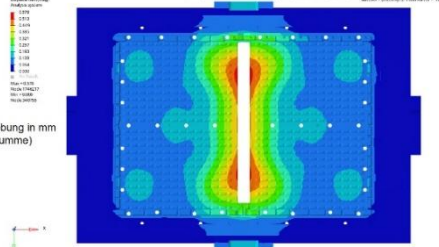
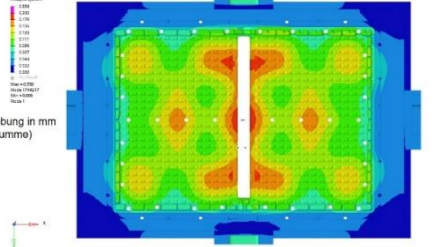
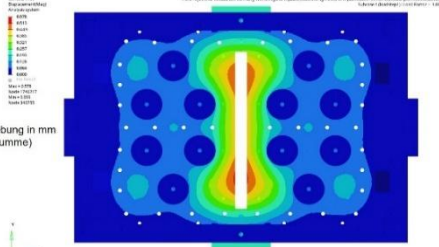
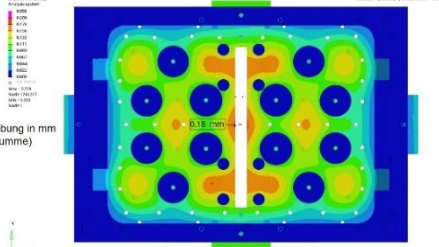
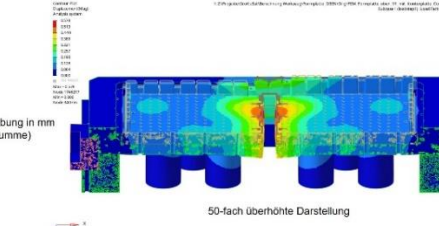
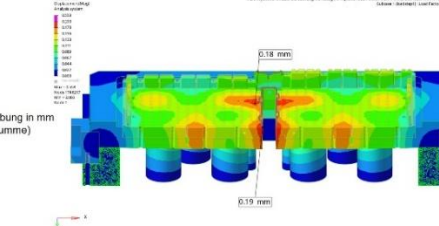
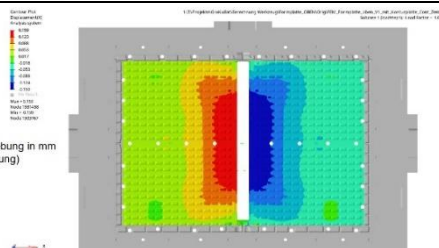
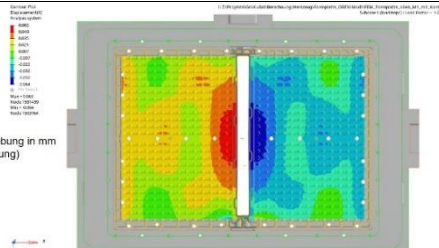
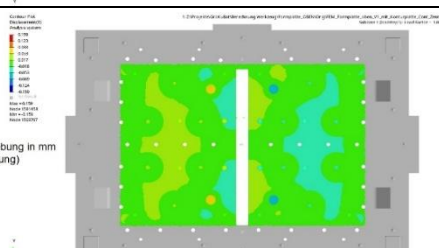
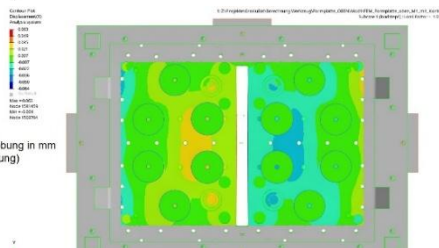
Ursprünglicher Werkzeugzustand mit Zentrieraufnahme	Werkzeug mit zusätzl. Abstützung
<b>Ergebnis Verschiebung</b>	
<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> 	<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> 
<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> 	<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> 
<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> <p>50-fach überhöhte Darstellung</p> 	<p>Verschiebung in mm (Vektorsumme)</p> 
<p>Verschiebung in mm (X-Richtung)</p> 	<p>Verschiebung in mm (X-Richtung)</p> 
<p>Verschiebung in mm (X-Richtung)</p> 	<p>Verschiebung in mm (X-Richtung)</p> 

Tabelle 5: Werkzeuganalyse zur Herstellung des Batteriegehäuses – Ergebnis Dehnung

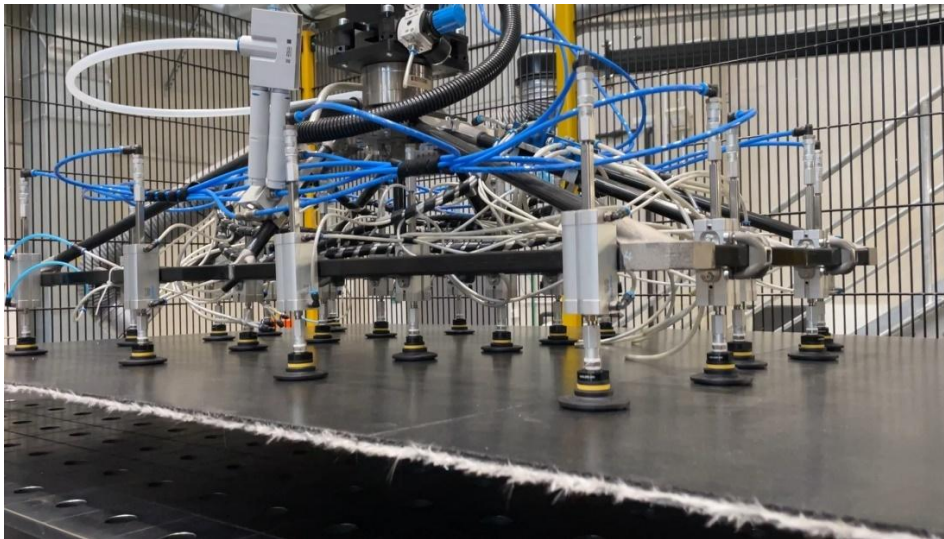
Ursprünglicher Werkzeugstand mit Zentrieraufnahme	Werkzeug mit zusätzl. Abstützung
<b>Ergebnis Dehnung</b>	

Im Ergebnis konnte für die obere Werkzeughälfte eine Verschiebung (Vektorsumme) von 0,58 mm ermittelt werden. Die  $Rp_{0,2}$ -Grenze für die Dehnung wird lokal überschritten (0,002), was zu einer plastischen Schädigung des Werkzeugstahles führen würde. Um die Dehnung in den kritischen Kerbbereichen auf ein verträgliches Maß zu reduzieren, wurde in einem optimierten Konstruktionsentwurf eine zusätzliche Abstützung in Form von 8 zylindrischen Stiften im Bereich der größten Verformungen vorgesehen. Hierdurch konnte eine deutlich reduzierte Verschiebung (Vektorsumme) von maximal 0,19 mm und eine Dehnung von 0,001 erreicht werden. Entsprechend der gewonnenen Erkenntnisse wurde das Werkzeug noch einmal konstruktiv angepasst.

## *AP 8: Prozessevaluierung und –Optimierung, Bauteilherstellung*

### *Einfahren der erweiterten Pressenanlage*

In Vorbereitung der anstehenden Erstbemusterung wurden u.a. Vorversuche zur Handhabe der großformatigen Kaltplatinen durchgeführt. Hierfür wurden die durch die Fa. Gerlinger hergestellten Mittel-Layer-Platinen mit den Abmessungen 1715 mm x 1200 mm und einer maximalen Dicke von 11,6 mm genutzt, um das Worst-Case-Szenario der Platine mit dem höchsten Gewicht von ~ 27 kg abgedeckt und geprüft zu haben. Hierfür wurde der Greifer am Wittmann Linearhandling konzipiert und umgesetzt. Die Positionen der Greifer, das Saugvolumen und auch die Balgsauger wurden auf den Anwendungsfall hin optimiert. Dies wurde im Rahmen des AP5, welches im Zuständigkeitsbereich der Fa. Wickert lag durch den Unterauftragnehmer Steinbeis vorgenommen. Die Praxisversuche erfolgten dann im Technikum der TUC, vgl. Abbildung 9.



*Abbildung 9: Versuche zur Handhabe der Kaltplatinen mit dem überarbeiteten Sauggreifer in der Fertigungszelle der GroKuBat-Prozesskette*

Die Praxisversuche konnten mit der sicheren und reproduzierbaren Handhabe der Großplatinen durch Optimierungsmaßnahmen erfolgreich absolviert werden.

### *Werkzeugbemusterung*

Nach Anlieferung des Werkzeuges für das Batteriegehäuse durch den Projektpartner Formenbau GF wurde das Werkzeug eingebaut (siehe Abbildung 10), mit allen erforderlichen Medienanschlüssen sowie Zuleitungen versehen und hinsichtlich seiner Grundfunktionen (u.a. Tauchkantenspalt, Führungen, Kernzüge, Auswerfer, Voreiler, Werkzeugeinsätze und Sensorik) gemeinsam hinsichtlich eventueller notwendiger Überarbeitungen untersucht.



Abbildung 10: *Einbau des 16 t schweren Batteriegehäusewerkzeuges in die Pressenanlage im Technikum der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffbearbeitung*

Hierbei konnten keine Fehlfunktionen bspw. der Auswerfer, vgl. Abbildung 11, festgestellt werden, so dass das Werkzeug in der Folge ohne zeitlichen Verzug für die Bauteilabmusterung zur Verfügung stand.



Abbildung 11: *Prüfung der Funktionsweise der Auswerferstifte im Gesenk für die manuelle und spätere automatisierte Bauteilentnahme mittels Umgreifens bzw. Unterfahrens*

## Bauteilabmusterung und Herstellung von Prototypen

Die Bauteilabmusterung wurde beim Projektpartner SLK an der TU Chemnitz durchgeführt. Bei der Inbetriebnahme begleitete GF Formenbau die ersten Funktionsprüfungen. Die Erste Bauteilabmusterung erfolgte mit reinem GMT50-Material. Der Zuschnittplan beinhaltete zunächst 2 einzelne Großplatten mit den Abmaßen 1300 x 890 x 4,8 mm mit einem Gesamtgewicht von 18,2 kg.

Die Ausformung des Mittelkanals und auch der symmetrische Einzug des Materials wurde nach abgebrochenem Pressvorgang begutachtet und funktionierte wie erwartet (Abbildung 12).

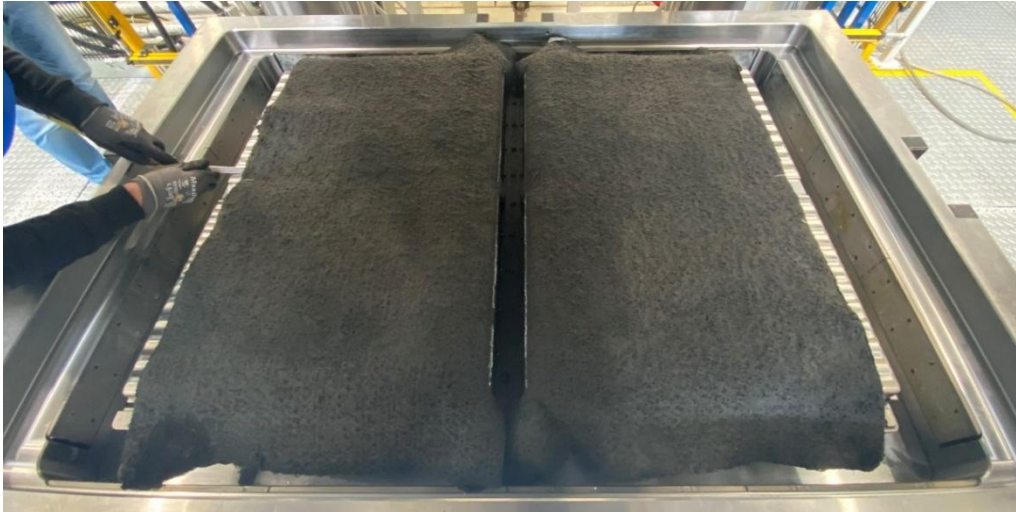


Abbildung 12: Prüfung der Formfüllung des Mittelkanals sowie symmetrischen Materialeinzugs über das Ergebnis eines abgebrochenen Pressvorgangs

Die nachfolgende Abbildung 13 zeigt die vollständige Ausformung des Bauteils.

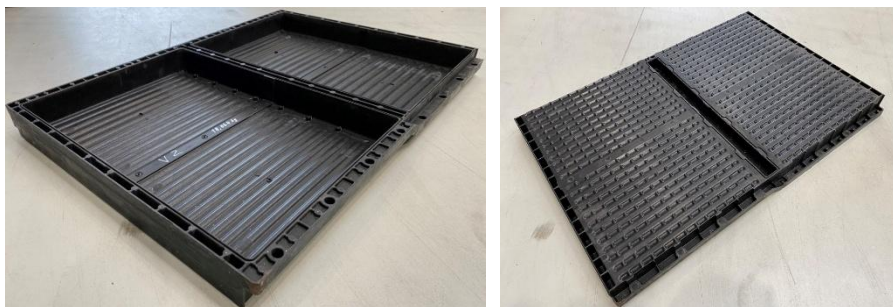


Abbildung 13: Fertiges voll ausgeformtes Bauteil aus GMT50 mit Innenansicht (links) und Bodenansicht (rechts)

Die Wandstärke des Gehäusebodens betrug ca. 5 mm und entspricht damit den Erwartungen aus den Werkzeugkonstruktionsdaten und der zuvor ermittelten volumetrischen Füllung der Werkzeugkavität.

In der Folge wurden auch gemischte Bauteile mit dem gewünschten Multimaterialaufbau für die erforderliche mechanische Bauteilperformance abgemustert.

Anfängliche Probleme bei der vollständigen Formfüllung bei dieser Materialkonfiguration konnten durch Anpassungen im Zuschnittplan der Materialien und durch Nachbesserung im Material selber nach Rücksprache mit dem Materialhersteller gelöst werden, so dass auch mit dieser Konfiguration i.O.-Bauteile herstellbar waren.

Es wurden verschiedene Prozessparameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die erwartbare Bauteilqualität untersucht und dokumentiert (u.a. Ofentemperatur, Verweildauer im Ofen, Werkzeugtemperatur, Pressendruck, Zuschnittgeometrie der Platinen, Materialauswahl und deren prozentuale Zusammensetzung). Zur Optimierung des manuellen Prozesses und zur Herstellung der erforderlichen Gutteile zur weiteren Verwendung für nachfolgende und darauf aufbauende Projektinhalte wurden knapp 70 Teile produziert. Darin sind auch die Bauteile mit dem Multimaterialaufbau für den Crashtest und zum Aufbau der Funktionsmuster enthalten.

### Prozessevaluierung

Mit der Herstellung der Bauteile durch händische Materialbeschickung wurde die Prozessevaluierung zu einem Großteil bereits durchgeführt. Die erforderlichen Prozessfenster für die thermoplastischen Halbzeug und die erforderlichen Prozessparameter der Presse wurden evaluiert und in der Folge für optimierte Bauteile angewandt.

### Fertigung unter Serienbedingungen

Die Fertigung von Demonstratoren unterteilte sich in zwei Phasen. Phase I beinhaltete die Herstellung von Demonstrationsmustern sowie Crashbauteilen, bei der sowohl Deckel- als auch Wannenkomponenten mittels händischer Materialbeschickung hergestellt wurden. Die spätere Phase 2 diente der Nachweisführung der Fertigung unter Serienbedingungen. Hierfür wurde die Fertigung der Gehäusekomponente Batteriewanne im bisherigen Projektverlauf ausgewählt und alle Handhabesysteme auf die zugehörigen Materialplatinen und Bauteilgeometrie hin projektiert. Für die Nachweisführung der großseriennahen Fertigung war dies völlig ausreichend, zumal hierfür extra die geometrisch schwierigere, weil komplexere, Gehäusekomponente gewählt wurde. Die Übertragung der gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse auf eine weitere Komponente stellt daher keine größere ingenieurtechnische Herausforderung dar und wurde aufgrund der zusätzlichen Kosten für nochmalige Anpassungsarbeiten, insbesondere in Bezug auf die Handhabetechnik, von vornherein im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht verfolgt.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der manuellen Bauteilherstellung bildeten die Ausgangsbasis für die automatisierte Fertigung. So wurden die Abmaße der Zuschnitte zunächst eins zu eins übertragen und das Material mit den besten Formfüllungseigenschaften (reines GMT-Material) in den ersten Bauteilabformungen verwendet, um eine prinzipielle Aussage bzgl. der Fähigkeiten der automatisierten Prozesskette zu gewinnen. Mögliche weitere Herausforderungen das Material betreffend konnten somit erst einmal vermieden werden und ließen eine ungestörte Fokussierung auf den eigentlichen Prozess zu. Es erfolgten notwendige Optimierungsschleifen das Werkzeug aber auch die Handhabetechnik betreffend, um einen sicheren, reproduzierbaren Transport des Materials aber auch das sichere und beschädigungsfreie Auswerfen der gepressten und erkalteten Bauteile zu gewährleisten. Nach einer gewissen Einfahrzeit ging es daran den gewünschten Materialaufbau, wie er von Berechnungsseite für die erforderliche Bauteilperformance vorgeschlagen wurde, in fehlerfreien Bauteilen zu realisieren und die Prozessoptimierung hinsichtlich der Zykluszeit vorzunehmen.

Um einen seriellen Fertigungsprozess zeigen zu können, galt das Ziel mehr als ein Bauteil in Serie herstellen zu können. Der limitierende Faktor in der Prozesskette war hierbei die Vorwärmstation (Umluftofen) mit Etagenrosten, die ähnlich dem Paternosterprinzip die erwärmten Zuschnitte nach Ablauf der voreingestellten Vorwärmzeit dem nachfolgenden Transfersystem, welches die Aufgabe hatte die aufgewärmten Platinen vom Ofenrost abzuholen und der Presse zuzuführen, übergeben sollte. Aufgrund der enormen Größe der Platinen und der Wärmeleistung des Umluftofens waren lediglich zwei Bauteile in unmittelbarer Folge mit dem zeitlichen Versatz der Zykluszeit zzgl. einem kleinen zeitlichen Offset von wenigen Sekunden herstellbar.

In Analogie zum finalen Anlagenlayout, welches zuvor bereits in AP 5 gezeigt wurde, stellt sich der Prozessablauf wie folgt dar:

1. Vorhaltung der Kaltplatinen auf Magazintisch
2. Transfer der Kaltplatinen vom Magazin zur Vorwärmstation – Portalhandling (vgl. Abbildung 14)
3. Vorwärmen des Materials – Umluftofen
4. Transfer der Warmplatinen von Vorwärmstation zur Presse – lineares Transfersystem (vgl. Abbildung 15)
5. Fließpressen des Bauteils – hydraulische Presse (vgl. Abbildung 16)
6. Bauteilentformung (hydraulisch/pneumatisch, vgl. Abbildung 17)
7. Halbautomatische Bauteilentnahme

Zur besseren Verdeutlichung sind einzelne Prozessschritte nachfolgend noch einmal mit Bildern unter-  
setzt.

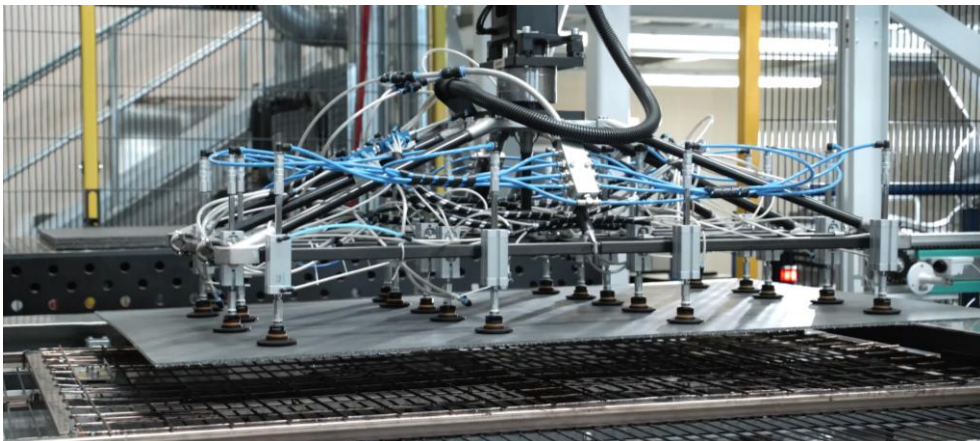


Abbildung 14: *Transfer der Kaltplatine vom Magazin zur Vorwärmstation mittels Sauggreifer am Ofen und Magazin überspannenden Portalhandling*

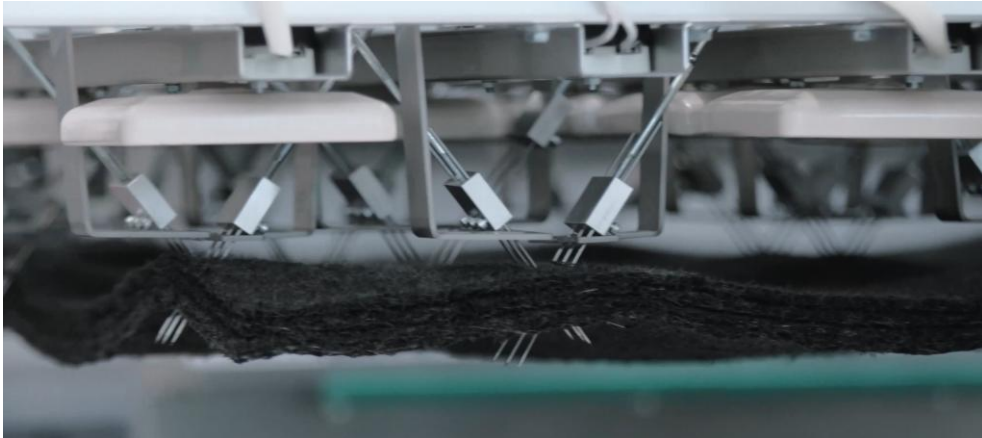


Abbildung 15: Transfer der gelohten Warmplatten von der Vorwärmstation zur Presse mittels Nadelgreifern und linearem Transfersystem



Abbildung 16: Fließpressen der Warmplatten bestehend aus GMT und UD zu einem endbearbeitungsnahen Bauteil

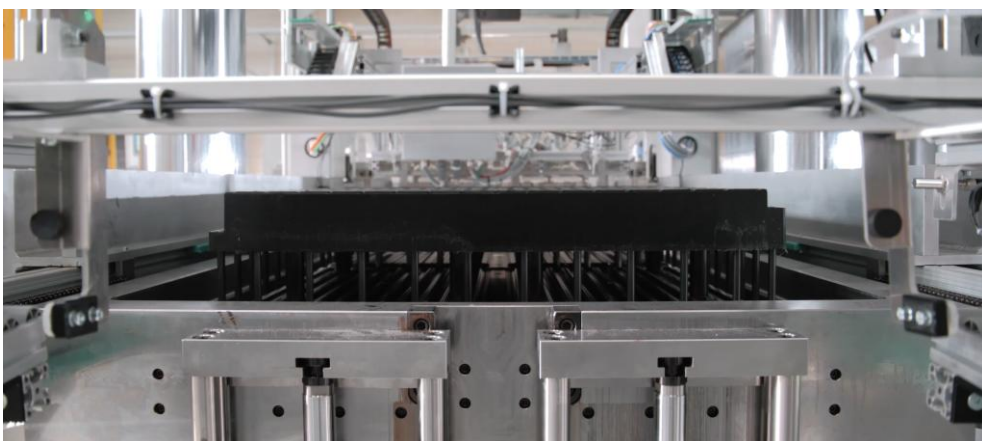
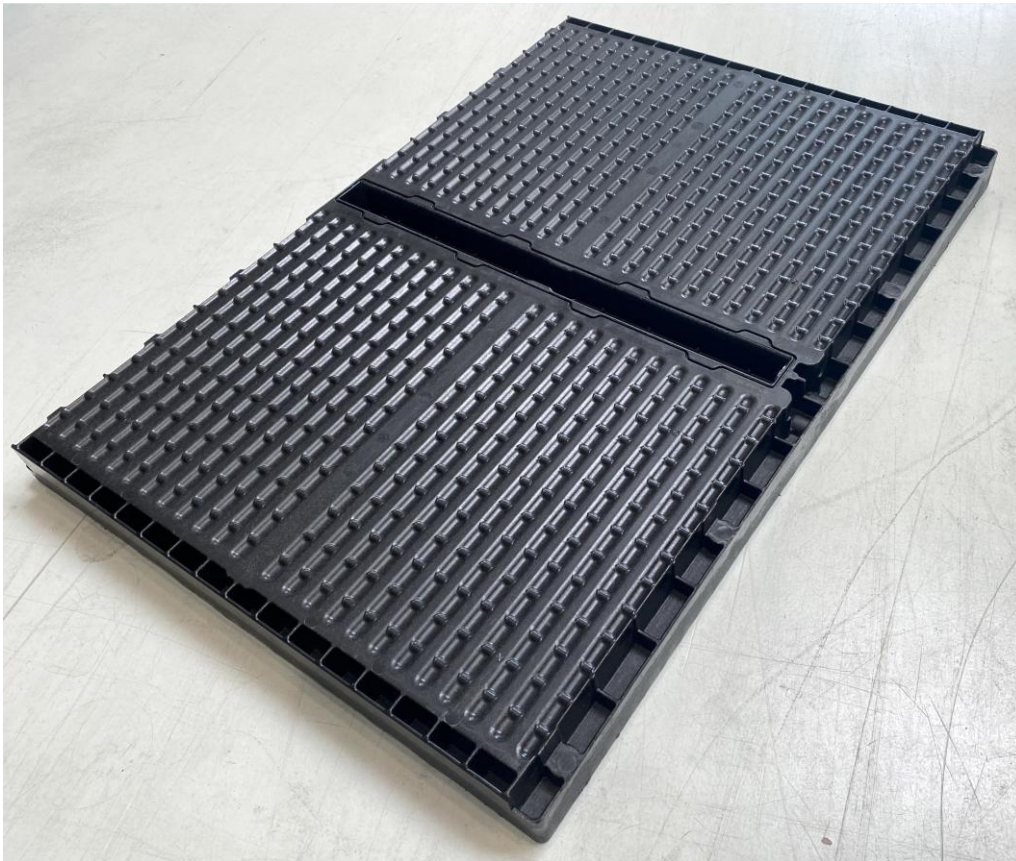


Abbildung 17: Bauteilentformung aus dem Gesenk mit definierter Höhenpositionierung zur Übergabe an das halbautomatische Entnahmehandling

Zur Untersuchung aller projektrelevanten Inhalte wurden auch hierbei eine Vielzahl von Bauteilen (Batteriewannen) hergestellt, die sich in Summe auf etwa 50 Stück beliefen. Vor dem Hintergrund der Bauteildimensionen und der bereits in der 1. Fertigungsphase mit manueller Beschickung hergestellten ca. 70 Batteriewannen zzgl. der Batteriedeckel ist ein beachtlicher Materialbedarf im Rahmen des gemeinsamen Forschungsvorhabens von etwa 2.500 kg zusammengekommen.

Die werkzeugfallende Struktur der Batteriewanne, hergestellt mit der automatisierten Prozesskette, ist in der nachfolgenden Abbildung 18 zu sehen.



*Abbildung 18: Werkzeugfallende, endbearbeitungsnahe glasfaserverstärkte thermoplastische Batteriewanne, welche mit einer einzigen Großplatine hergestellt wurde*

Der angestrebte Lagenaufbau im fertigen Produkt konnte nach vielen Optimierungsschleifen, insbesondere im Hinblick auf die Platinengrößen und der relativen Positionierung selbiger zur Kavität und umlaufenden Tauchkante, umgesetzt und in den Bauteilen realisiert werden. Anfängliche Schwierigkeiten bei der kompletten Formfüllung oder Randbeschnitt der Wärmepatienten mit dem Resultat des Verbleibs in der Kavität und damit dem Ausschuss des darauffolgenden Pressteils konnten vollständig mit einer einzigen Platine gelöst werden.

Aus den fertigen Bauteilen wurden in der Folge auch Proben entnommen, um den Faserverlauf zu untersuchen. Hierbei war nach Aufbereitung der Schnittkanten deutlich die Lage der Endlos- und Langglasfasern zu sehen.

Ihre Position stimmt sehr gut mit der avisierten Faserablage überein und deckt sich mit der der Berechnung zugrunde liegenden Modellierung. Selbst in den Bauteilrandbereichen folgt die Ablage der Endlosfasern der Bauteilgeometrie bis in entfernte Bauteilrippen am Ende des Fließwegs und Ausformungen für die vorgesehenen Krafteinleitungselemente.

Entsprechend des Prozessablauf wurden die Zeiten der Prozesseinzelschritte ermittelt und gemeinsam mit dem Projektpartner Wickert die Möglichkeiten besprochen, um die Gesamtzykluszeit weiter zu reduzieren.

Dabei gab es Prozesseinzelschritte, deren zeitliche Optimierung sich aufgrund ihrer anteiligen Zeit am Gesamtprozess von vornherein prädestinierten und andere, die bei zu starker Reduzierung negativen Einfluss auf die Bauteilqualität gehabt hätten. Wiederum gab es auch solche, bei denen aufgrund des Sicherheitsaspektes keine Optimierung als vertretbar erschien und abgelehnt wurde. Im Endergebnis wurde eine Prozesszeit nach Zykluszeitoptimierung der automatisierten Fertigung von 104 s je Bauteil erreicht, was deutlich unter der eigenen gesetzten Marke von maximal 2 min zu Projektbeginn lag.

Zum Abschluss dieses Arbeitspaketes kann resümiert werden, dass das gesteckte Ziel zur automatisierten großseriennahen Fertigung von endlosfaserverstärkten thermoplastischen Strukturbauteilen am Beispiel eines Traktionsbatteriegehäuses für die Elektromobilität aufgezeigt werden konnte. Mit einer ermittelten Zykluszeit < 2 min ist die Fertigungstechnologie des Fließpressens auch für Großserien einsetzbar.

Dem Anspruch der Verwendung von Ausgangsmaterial, welches kommerziell verfügbar und für eine eventuelle Serienproduktion in ausreichendem Maße durch die Lieferanten bereitgestellt werden kann, konnte damit entsprochen werden. Die Hürden für eine mögliche Serienproduktion und eine sich anschließende Entwicklungsphase auf dem Weg zur Serie sind auf Basis der vorliegenden Projektergebnisse gang- und überschaubar.

## II. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Über die gesamte Projektlaufzeit von 36 Monaten (vom 01.01.2022 bis 31.12.2024, inklusive einer kostenneutralen Verlängerung um 3 Monate) sind von der TU Chemnitz Gesamtmittel in Höhe von 1.038.749,13 € verwendet worden. Damit wird der Planwert in der Gesamtvorkalkulation von 1.041.007,60 € minimal unterschritten, was überwiegend auf weniger benötigte Finanzmittel für Dienstreisen zurückzuführen ist. Mit den zur Verfügung gestellten Mitteln wurde sparsam Umgegangen und alle gesetzten Ziele im Projekt erreicht.

## III. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Projekt GroKuBat leistet einen wesentlichen Beitrag zu den aus der Förderrichtlinie "Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien" publizierten Themenschwerpunkten. Insbesondere im Bereich der innovativen Fahrzeuge ist eine Innovation im Bereich der Fahrzeugkonzepte und -technologien vorgebracht worden, die nur im Zusammenspiel des durch die Konsortialpartner eingebrachten Know-how möglich war.

Die TU Chemnitz als Forschungseinrichtung und die Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung auf dem Gebiet des Kunststoffleichtbaus im Speziellen konnte mit diesem Projekt eine Entwicklung für ein seriennahes Bauteil vertiefen, welches in einem aktuellen Fahrzeugmodell (iD 3) das Referenzbauteil in Aluminiumbauweise substituieren könnte und für das eine automatisierte Prozesskette im Technikum aufgebaut wurde. Ein nicht alltäglich Projektergebnis im universitären Forschungsalltag. Damit ergeben sich in der mitunter hart umkämpften Forschungslandschaft verbesserte Chancen das erworbene Know-how durch Kooperationen und zukünftige Zusammenarbeiten mit OEM und der Zulieferindustrie einem größeren Interessentenkreis aus der Industrie darzubieten und in verschiedenen Anwendungsszenarien in die Serie zu bringen.

Zur Projektantragsstellung wurde die Anreizwirkung mit einer dadurch möglichen Erhöhung der Projektreichweite begründet. Zum Projektabschluss können alle damals genannten Punkte vollumfänglich bestätigt werden:

- Alle beteiligten Projektpartner konnten durch die Förderung intensiver in die im Projekt holistisch betrachtete Produkt- und Prozess-Entwicklung einbezogen werden als es sonst möglich gewesen wäre
- Zusammen mit der Möglichkeit der gemeinsamen Ergebnisverwendung gewährleistet dies die erfolgreiche Produktentwicklung bei allen Projektpartnern
- Die Entlastung bei den Entwicklungskosten war für alle Beteiligten ein wichtiger Aspekt in wirtschaftlich schwieriger werdenden Zeiten.

#### IV. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die TU Chemnitz positioniert sich mit dem erfolgreich absolvierten Projekt und den erarbeiteten Forschungsergebnissen als innovativer Partner bei der Entwicklung von Strukturbauteilen für die E-Mobilität und deren Herstellungsprozessen für die industrielle Großserie.

#### V. Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Aus Pressemeldungen und Messeauftritten von Wettbewerbern und Materialherstellern war und ist ablesbar, dass sich auch andere Stellen mit dem Einsatz von hochverstärkten Kunststoffen für Traktionsbatterien beschäftigen. Allerdings war bei den Veröffentlichungen erkennbar, dass der Reifegrad der Entwicklungen noch weit hinter der des GroKuBat-Gehäuses liegt. Die im GroKuBat-Projekt erzielten Ergebnisse bezüglich einem Crash-Belastung erprobtem Großseriendesign und dem Nachweis der rationellen Fertigung des Bauteils sind Stand heute einzigartig und untermauern somit den Entwicklungsvorsprung, der durch dieses Förderprojekt möglich war.

## VI. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Ergebnisse des Projektes und eine entsprechende Prozessdarbietung erfolgten bereits im Rahmen einer Industrier Vorstellung vor ausgewählten Projektpartnern am 16.04.2025. Darüber hinaus würde in der Ausgabe 02 2024 des Composite United im Rahmen der JEC in Paris ein Beitrag in deutscher und englischer Sprache zum Projekt veröffentlicht. Weitere Veröffentlichungen in Form von Vorträgen und Beiträgen in Fachmagazinen sind geplant.