

# Spritzgießtechnologie an der Neue Materialien Bayreuth GmbH

Verfahren, Spritzgießmaschinen und Werkzeuge



Neue Materialien Bayreuth GmbH  
Gottlieb-Keim-Straße 60  
95448 Bayreuth

Alle Angaben ohne Gewähr

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Die Neue Materialien Bayreuth GmbH .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Spritzgießen allgemein .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Spritzgießen Sonderverfahren.....</b>	<b>7</b>
3.1	Mehrkomponenten-Spritzgießen.....	7
3.2	Thermoplast Schaumspritzgießen (TSG) .....	10
3.3	Variothermverfahren.....	11
3.4	Spritzprägen (Positiv-Prägen).....	11
3.5	Folienhinterspritzen.....	12
<b>4</b>	<b>Spritzgießmaschinen .....</b>	<b>13</b>
4.1	Vollelektrische Spritzgießmaschine „Engel e-mac 170/50“ - Fa. Engel .....	14
4.2	3K-Spritzgießanlage mit Wendepatte „Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M“ - Fa. Engel.....	15
4.2.1	Folienvorschubgerät „IMD-SI“ - Fa. Kurz .....	16
4.2.2	2K-Sandwich-Zwischenplatte (Co-Injektion) .....	17
4.3	Fertigungszelle mit Spritzpresse „Engel ESP V-duo 4400H/4400H/2500V“ und Bauteiltemperierung mit Umluft-Paternosterofen oder IR-Feldern .....	18
4.4	Spritzgießmaschine „HM110/525“ - Fa. Battenfeld.....	20
<b>5</b>	<b>Spritzgießwerkzeuge.....</b>	<b>21</b>
5.1	Kassettenwerkzeug mit Wechselkassetten.....	22
5.1.1	„Campus-Zugstab“ .....	23
5.1.2	„Klein-Zugstab“.....	24
5.1.3	„Mini-Zugstab“ .....	25
5.1.4	„Prüfstab“ 4 mm.....	26
5.1.5	„Prüfstab“ 2 mm + 3 mm .....	27
5.1.6	„Stäbe für Flammstest“ .....	28
5.1.7	„Platte 60 x 60 mm“ .....	29
5.1.8	„Platte 70 x 70 mm“ .....	30
5.1.9	„Platte 80 x 80 mm“ .....	31

5.1.10	„Platte 100 x 100 mm“ .....	32
5.1.11	„Platten unterschiedlicher Wandstärke“ .....	33
5.1.12	CT-Probekörper („Compact-Tension“) .....	34
5.1.13	„Haze-Scheiben“ .....	35
5.1.14	„Fließspirale“ .....	36
5.2	„Multiprobekörperwerkzeug“ .....	37
5.3	Stammwerkzeug für Battenfeld HM 110/525.....	39
5.4	„Stammwerkzeug“ für Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M.....	42
5.5	„2K-Wendepplattenwerkzeug“ .....	43
5.5.1	„2K-Plattenwerkzeug“ .....	44
5.5.2	„Demobauteil Deckel Mittelarmlehne Mini R 60“ .....	45
5.5.3	Kundenspezifische Einsätze .....	47
5.6	„Tiefe Wanne“ Werkzeug.....	47
5.7	„Platte 500 mm x 200 mm“ .....	49
6	Weitere Anlagen im Technikum .....	51
6.1	Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Lauffer .....	51
6.1.1	„Plattenwerkzeug 210 mm x 210 mm“ .....	52
6.1.2	„Plattenwerkzeug 300 mm x 300 mm“ .....	52
6.1.3	Stammwerkzeug „400 mm x 415 mm“ .....	53
6.1.4	„Werkzeug Stufenwanne“ .....	54
6.2	Hochtemperaturpresse WKP 6000 S – Fa. Wickert.....	55
6.3	Schneidmühle Dynamic D25.38s – Fa. Wanner .....	56
7	Kontakt und Ansprechpartner .....	58

# 1 Die Neue Materialien Bayreuth GmbH

Die Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB) ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung, die sich mit der Entwicklung neuartiger Materialien und effizienter Produktionsprozesse für Kunststoffe, Metalle und Werkstoffkombinationen beschäftigt. Dazu nutzen wir modernste Ausstattung, digitale Technologien und berücksichtigen die Anforderungen der Nachhaltigkeit. Kernmerkmal ist unser moderner Anlagenpark bis hin zum Industriemaßstab. Weiterhin stehen wir für ein umfangreiches Spektrum an Dienstleistungen, wie entwicklungsbegleitende Ökobilanzierung (LCA) und Werkstoffanalytik / Bauteilprüfung unter Einsatz neuester Verfahren und Labortechnik.

Neben F&E-Arbeiten für Industrieunternehmen in direkter Kooperation oder im Rahmen von öffentlich geförderten Verbundprojekten übernehmen wir Auftragsfertigung für Prototyp- und Kleinserien sowie Werkzeugabmusterungen.

Gezielt nutzen wir die Synergieeffekte eines interdisziplinären Austausches zwischen unseren Werkstoffexperten aus den Bereichen Kunststoffe und Metalle. Basierend auf unserer engen Zusammenarbeit mit materialwissenschaftlichen Lehrstühlen der Universität Bayreuth profitieren unsere Projektpartner von einem Technologietransfer aus der Grundlagenforschung in die angewandte Entwicklung.

## Arbeitsschwerpunkt Spritzgießen

Wir nutzen moderne Spritzgießvarianten, um ressourceneffiziente Leichtbautechnologien zur Fertigung nachhaltiger, wettbewerbsfähiger Formteile zu entwickeln und zu optimieren. Die stetige Weiterentwicklung der Verfahren bietet ein großes Potenzial, Lösungen für einen maßgeschneiderten Fertigungsprozess zu finden, mit dem die komplexen Anforderungen an das Produkt erfüllt werden können. Beispiele hierfür sind Oberflächengüte, Mehrfarbigkeit des Produktes, Designfreiheit und Funktionsintegration.

Unser Leistungsspektrum umfasst die Materialentwicklung mit kleinen Mustermengen und die Prozessentwicklung bis hin zur Formteilmontage im Prototypenmaßstab.

Ein Fokus im Arbeitsgebiet Spritzgießen liegt im Bereich Schaumspritzgießen von Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren mit chemischen oder physikalischen Treibmitteln. Im Bereich des physikalischen Schäumens ist auch die Verarbeitung von Hochtemperaturkunststoffen möglich.

Ein zentraler Punkt innerhalb der wissenschaftlich-technischen Ausstattung von NMB ist eine hochmoderne Spritzgießmaschine Typ *Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M* mit vertikaler Wendepalette. Die Maschine verfügt über zahlreiche Ausstattungsmerkmale, die einen Einsatz in einem breiten Spektrum der Kunststofftechnik ermöglichen. So kann die Spritzgießmaschine sowohl als 1K-, 2K- und durch ein drittes Aggregat auf der Gegenseite auch als 3K-Anlage zum Schaumspritzgießen, Spritzprägen, Folienhinterspritzen sowie für Variotherm®-fähige Werkzeuge genutzt werden. Es ist eine Material- und Werkzeugentwicklung bis hin zur Formteilmontage im Prototypenmaßstab möglich. Die Weiterentwicklung moderner Werkzeugtechnik in Kombination mit Spritzprägeprozessen ermöglicht die Herstellung von

sehr leichten Integralschäumen mit guter Oberfläche und maßgeschneiderten Eigenschaften. Die Mehrkomponententechnik ermöglicht Weiterentwicklungen bei Hart-Weich-Verbunden sowie bei Prägetechnologien für Kunststoffverschleiß bzw. Langfasertechnik. Dabei können Bauteile nicht nur durch Overmolding sondern auch mittels Co-Injektion hergestellt werden. Dank eines Stammwerkzeuges besteht eine hohe Flexibilität, sodass kundenspezifische Einsätze problemlos verwendet und gewechselt werden können. Für das Folienhinterspritzen steht ein Folienvorschubgerät mit Positionsregelung zur Verfügung.

An der Spritzgießanlage *Battenfeld HM 110/525* garantiert das Stammwerkzeug durch die Ausstattung mit einer Tauchkante eine hohe Flexibilität, sodass Bauteildicken zwischen 0,5 und 8 mm sowie (Negativ-)Präge-Prozesse realisiert werden können.

Die Engel e-mac 170/50 bietet als kleinste Spritzgießmaschine und mit einem Kassettenwerkzeug für vielseitige Probengeometrien die Möglichkeit, die Verarbeitung von Materialien mit kleinen Batchgrößen zu realisieren.

Unsere Fertigungszelle, in deren Zentrum eine Spritzpresse vom Typ Engel ESP V-duo steht, ist mit 25.000 kN Schließkraft die größte Anlage, die durch Koppelung mit einem Paternoster-Umluftofen die Vereinigung von thermoplastischen Verbundwerkstoffen mit Spritzgießbauteilen in einem Fertigungsschritt zulässt.

Das Arbeitsgebiet Partikelschäume fokussiert sich auf die Entwicklung neuer Partikelschaumstoffe und innovativen Verarbeitungsverfahren. Durch enge Kooperation mit dem Lehrstuhl Polymer Engineering kann die komplette Prozesskette für Partikelschäume von der Partikelherstellung bis zum Formschaumprozess abgebildet werden. Anlagentechnische Basis zur Herstellung von Partikelschäumen mit maßgeschneiderten Eigenschaften sind diverse Autoklaven bzw. Extruder mit Unterwassergranulierung. Zur Konditionierung stehen mehrere Druckbeladungs- und Beschichtungsanlagen zur Verfügung. Beim Vorschäumen finden sowohl dampfbasierte als auch dampflose Technologien Verwendung. Zur Verarbeitung von Partikelschäumen zu Formteilen stehen der NMB neben drei dampfbasierten Formteilautomaten auch alle relevanten dampflosen Verarbeitungstechnologien mit modernster sensorischer Messwerterfassung zur Verfügung. Modular konfigurierbare Versuchswerkzeuge dienen zur Materialerprobung und Probekörperherstellung von kleinen Probekörpern (60 x 20 mm<sup>2</sup>) über Platten im Maßstab DIN A4 bis hin zur Blockware mit 300 mm Dicke.

Durch die Kombination mit Verarbeitungstechnologien anderer Arbeitsgebiete (Faserverbundkunststoffe, Spritzgießen, Additive Fertigung) besteht die Möglichkeit Hybridlösungen wie beispielsweise Sandwichstrukturen oder eingeschäumte Funktionselemente umzusetzen.

Entlang der kompletten Prozesskette steht ein umfangreiches Analytik-Equipment zur mechanischen, thermischen und optischen Charakterisierung zur Verfügung. Als Grundlage für energetische Bilanzierungen werden mobile Messgeräte für alle relevanten Verbrauchsmedien eingesetzt.

Besonderer Fokus aktueller Forschungsarbeiten liegt auf der Digitalisierung der Prozesstechnik sowie Verbesserungen in Bezug auf material- und prozesseitigen Nachhaltigkeitsaspekten. Dazu gehören insbesondere ökobilanzielle Betrachtungen (Life-Cycle Assessment) sowie die Weiterentwicklung von Recyclingprozessen als Bestandteil einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft.

Das Arbeitsgebiet der Faserverbundwerkstoffe deckt mit seiner FORCE-Prozesskette den Bereich von der Halbzeuherstellung bis zu funktionsintegrierten Demonstratorbauteilen im

Industriemaßstab ab. Hierfür stehen ein Direktschmelze-Imprägnierverfahren (FORCE-Melt) für thermoplastische Organobleche zur Verfügung sowie für das Preforming eine Hochgeschwindigkeits-Tapelegeanlage (Force-Placement). Für die Weiterverarbeitung können eine kontinuierliche Doppelbandpresse (FORCE-Con) und Press- und Overmoldinganlagen (FORCE-Molding) von 20 t bis 2500 t Schließkraft genutzt werden. Begleitet werden die Forschungs- und Entwicklungsaufgaben von einer umfassenden Analytik bis zu LCA-Betrachtungen.

Das Gebiet Additive Fertigung umfasst folgende Fertigungsverfahren: Selektives Lasersintern (SLS), HP Multi Jet Fusion (MJF)-Verfahren, ARBURG Kunststoff-Freiformalen (AKF) und Filamentextrusionsverfahren (Fused-Filament-Fabrication – FFF) einschließlich 3D-Endlosfaserdruck. Zum Leistungsspektrum gehören die Materialentwicklung für pulver- und extrusionsbasierte Verfahren, die Entwicklung und Optimierung additiver Fertigungsprozesse, die Funktionalisierung von Spritzgieß-, Partikelschaum- und Faserverbundbauteilen, die Auftragsfertigung funktionaler Prototypen sowie die mikrostrukturelle und mechanische Charakterisierung additiv gefertigter Bauteile.

Im Bereich der Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung bieten gut ausgestattete Analyselabors die Möglichkeit Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu charakterisieren, z. B. auf den Gebieten Mikroskopie, Tomografie, Röntgenstreuung, Thermoanalyse, Rheologie und Haptik. Das Leistungsangebot der Neue Materialien Bayreuth GmbH wird durch ein Testzentrum für mechanische Werkstoff- und Bauteilprüfung abgerundet, das eine Vielzahl an quasi-statischen sowie dynamischen Methoden für Kurz- und Langzeittests ermöglicht.

## 2 Spritzgießen allgemein

Spritzgießen ist das am häufigsten eingesetzte Verarbeitungsverfahren zum vollautomatischen Herstellen von Kunststoffteilen. Es wird sowohl für Massenartikel als auch für technische Formteile eingesetzt. Durch das Spritzgießverfahren können sowohl kleine Teile wie Zahnräder für Uhren, als auch große Teile, wie Mülltonnen oder Stoßfänger für Kraftfahrzeuge, hergestellt werden. Das Spritzgießen umfasst das Plastifizieren des pulverförmigen oder granulierten Materials (Formmasse) und seine Überführung unter hohem Druck in die Werkzeugkavität, in der es durch Abkühlen oder Vernetzen erstarrt, so dass das Formteil entformt werden kann.

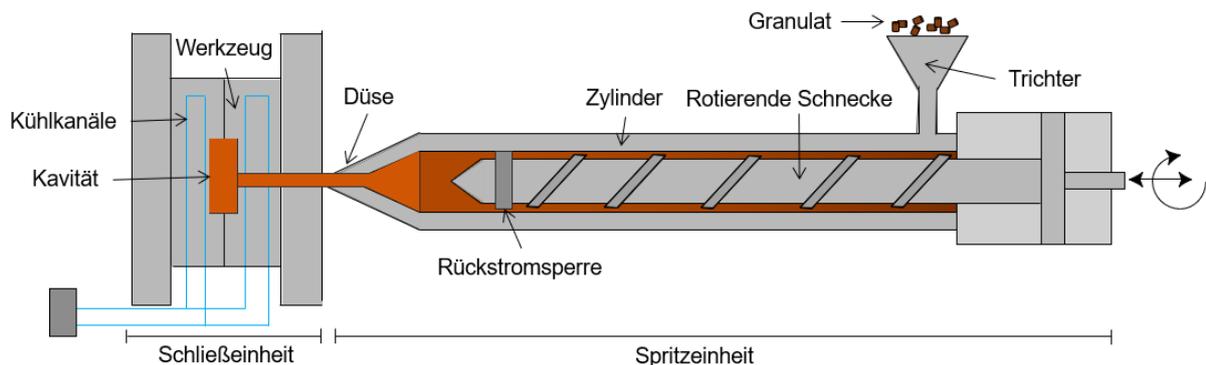


Abbildung 1: Schematischer Aufbau einer Spritzgießmaschine

Der Neue Materialien Bayreuth GmbH stehen im Bereich Kunststoffverarbeitung eine Mehrzahl von Spritzgießmaschinen zur Verfügung. Der Schließkraftbereich des Maschinenparks reicht von 50 bis zu 2500 Tonnen.

## 3 Spritzgießen Sonderverfahren

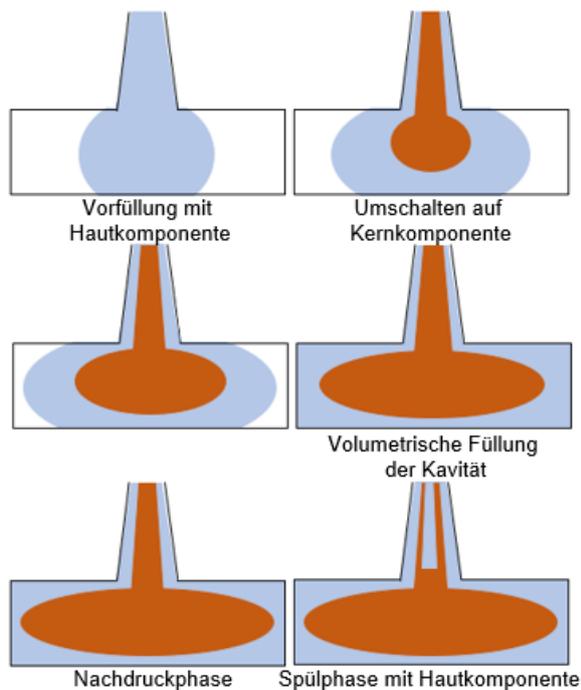
Da in der heutigen Zeit die Anzahl komplexerer Anwendungen und die gezielte Kombination verschiedener Funktionalitäten in einem Formteil gefordert sind, kann das konventionelle Spritzgießen diese Anforderungen nicht immer befriedigen. Die Sonderverfahren des Spritzgießens gewinnen daher immer mehr an Bedeutung. Die Aufgabe des Verarbeiters ist es, aus der Vielzahl der möglichen Verfahren ein anforderungsgerechtes auszuwählen, das aus technischer sowie wirtschaftlicher Sicht die optimale Lösung darstellt. Dabei kann die Neue Materialien Bayreuth GmbH mit Know-How und der Vielzahl an im Technikum vorhandenen Sonderverfahren, die im Folgenden erläutert werden, unterstützen.

### 3.1 Mehrkomponenten-Spritzgießen

Unter dem Mehrkomponentenspritzgießen versteht man das sequenzielle Zusammenführen mehrerer Schmelzen während des Einspritzvorgangs in einem Werkzeug. Das Verfahren ermöglicht die Vereinigung der Eigenschaften mehrerer Kunststofftypen, um komplexen Anforderungen an Bauteileigenschaften gerecht zu werden. Im Folgenden werden einige

Techniken zum Mehrkomponenten-Spritzgießen aufgeführt, die bei der Neue Materialien Bayreuth GmbH zur Verfügung stehen.

Unter **Verbundspritzgießen** versteht man das Aneinanderspritzen unterschiedlicher Schmelzen. Diese können aus verschiedenen Materialien oder einem Material mit unterschiedlichen Einfärbungen bestehen. Im Wesentlichen gibt es zwei Gruppen, die man in drehende Werkzeugsysteme, wie z. B. Drehteller, Drehwerkzeug, Drehkerne, Umsetztechnik, sowie in nicht drehende Werkzeugsysteme, wie z. B. Core-Back-Technik, einordnet.



Ein weiteres Verfahren, das **2K-Sandwich-Spritzgießen (Co-Injektion)**, siehe Abbildung 2 ermöglicht die Herstellung von Kunststoffformteilen mit schichtartigem Aufbau. Die beiden Komponenten werden dabei so ineinander gespritzt, dass die Kernkomponente des Bauteils vollständig von einer Hautkomponente umschlossen ist. Kern- und Hautkomponente können dabei aus verschiedenen Polymeren bestehen. Weiterhin ist es möglich, Rezyklat im Kern einzusetzen, was ökologische Vorteile mit guten optischen Eigenschaften verbinden kann.

Abbildung 2: 2K-Sandwich-Spritzgießen (Quelle: Johannaber/Michaeli – Handbuch Spritzgießen S.529)

Bei der **Stack-Mold Technik** werden Drehwerkzeuge verwendet, die im Unterschied zum normalen Drehwerkzeug nicht über eine drehbare Werkzeughälfte oder Platte, sondern über eine drehbare mittlere Platte (Wendeplatte) verfügen. Die Formteile können mit diesem Spritzgießverfahren kostengünstig in einem Arbeitsgang produziert werden, da dabei nur eine Maschine benötigt wird. Durch dieses Verfahren können besondere Anforderungen an Funktion, Haptik oder Design realisiert werden. In Abbildung 3 ist der schematische Aufbau einer Spritzgießmaschine mit Wendeplatte dargestellt.

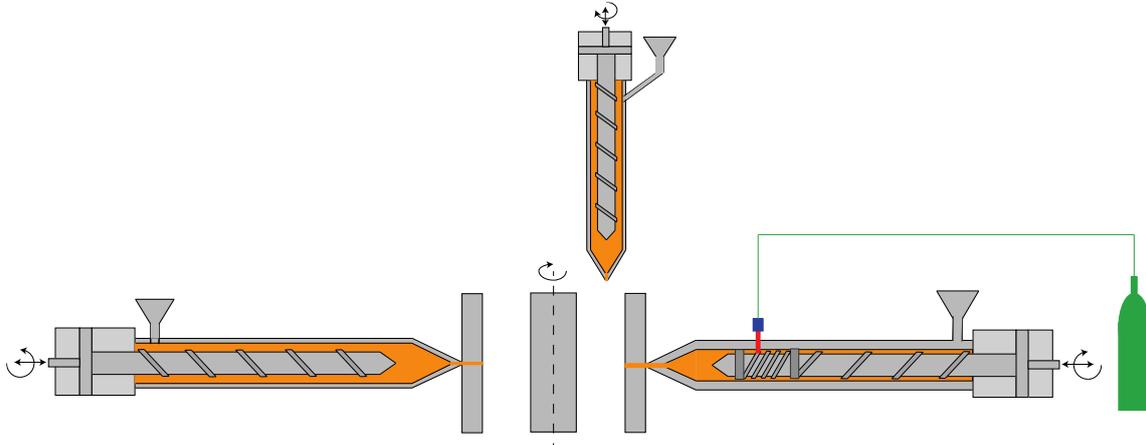


Abbildung 3: Schematische Abbildung der 3K-Spritzgießmaschine mit Wendeplattentechnologie

Durch das **Verbundspritzgießen** mittels der so genannten **Drehtellertechnik** im **LSR-Verfahren** können Hart-Weich-Verbunde hergestellt werden. Dabei wird im ersten Schritt die harte Trägerkomponente vorgespitzt und im folgenden Schritt die weiche Komponente aufgespritzt. Im heißen Werkzeug erfolgt dann erst eine Vulkanisation beider Komponenten.

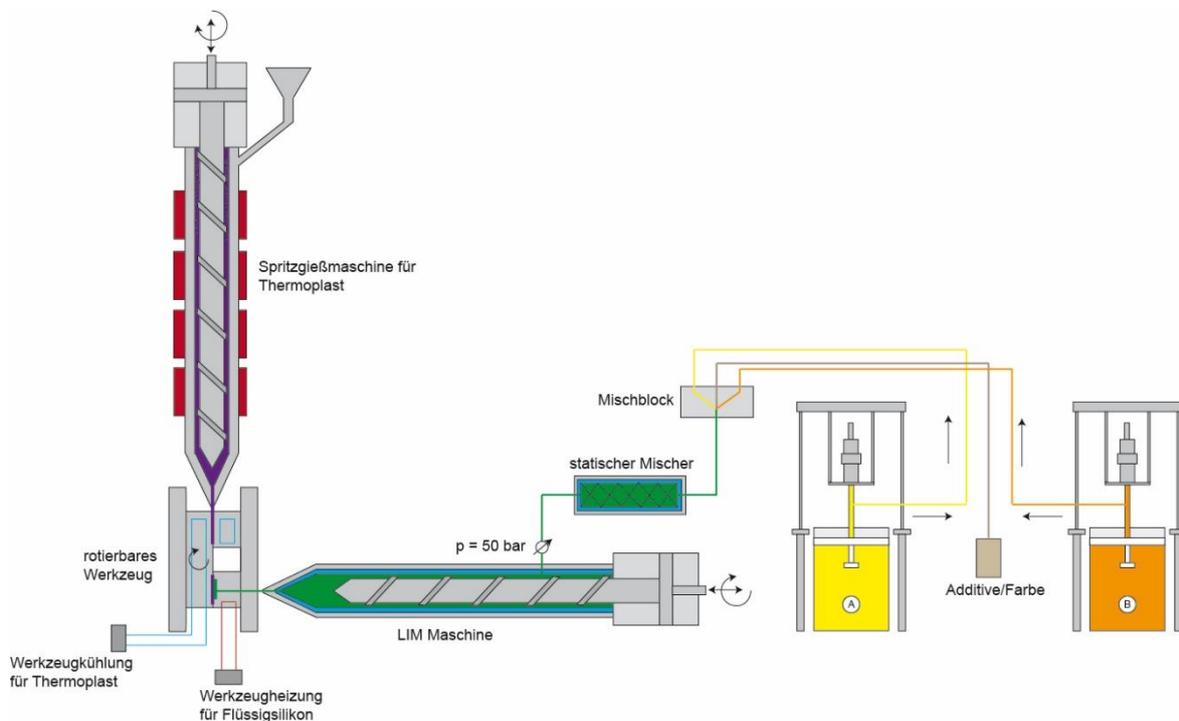


Abbildung 4: Darstellung eines Verbundspritzgießverfahrens von Thermoplast / LSR - Verbunden via Drehtellertechnik (Quelle: C. Kühr – Präsentation zur Projektvorstellung)

### 3.2 Thermoplast Schaumspritzgießen (TSG)

Im Thermoplast-Schaumspritzgieß-Verfahren (TSG) werden technische Formteile mit geschäumtem Kern und kompakten Deckschichten, sogenannte Integralschäume, gefertigt. Vorteile dieser Technologie sind unter anderem die Reduktion des Bauteilgewichts und die damit verbundene Materialersparnis sowie Viskositätsverringerung der Schmelze und geringere Schließkraft des Spritzgießwerkzeugs. Die Schaumstruktur eines mittels TSG gefertigten Bauteils ist in Abb. 5 zu sehen.

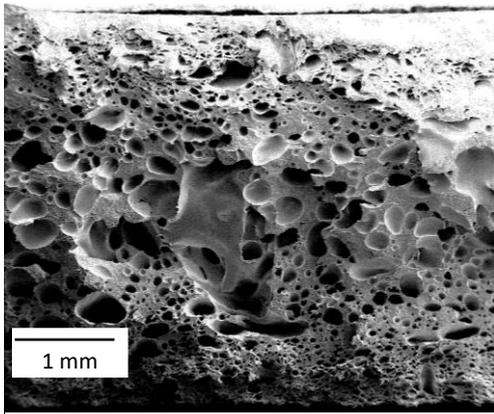


Abbildung 5 : Aufnahme der Schaumstruktur eines geschäumten Bauteils

Im TSG-Verfahren wird in der Plastifiziereinheit der Spritzgießmaschine der Polymerschmelze ein Treibmittel zugemischt. Es werden zwei unterschiedliche Treibmitteltypen unterschieden. Bei **chemischen Treibmitteln** handelt es sich um Substanzen, die durch erhöhte Temperatur chemisch zersetzt werden und dabei Gas freisetzen. Sie werden herkömmlich als Masterbatches zugemischt und können so in herkömmlichen (mit Nadelverschlussdüse und Schneckenpositionsregelung ausgestatteten) Spritzgießmaschinen zur Anwendung kommen. Für die Einbringung **physikalischer Treibmittel** stehen bei der NMB verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Bei den beiden Verfahren MuCell (CO<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>) und Cellmould (N<sub>2</sub>) werden Gase im überkritischen Zustand während der Plastifizierung in den Zylinder eingebracht und gelöst. Beim darauffolgenden Einspritzen des gasbeladenen Polymers wird nur ein reduziertes Dosiervolumen in die Kavität des Spritzgießwerkzeugs gefüllt. Aufgrund des aus dem Einspritzvorgang resultierenden Druckabfalls fällt das Gas aus, was zu Zellnukleierung und Zellwachstum führt. Die daraus entstandene Schaumstruktur wird durch den Abkühlvorgang im Werkzeug stabilisiert, wobei der fehlende Nachdruck durch die Expansion des Treibmittels kompensiert wird. Beim TSG-Verfahren wird zwischen zwei Schäumprozessen unterschieden.

Beim **Niederdruckschäumen** wird die Kavität durch das eingespritzte Schmelzevolumen zunächst unterfüllt. Das verbleibende Volumen wird anschließend durch das aufschäumende Polymer gefüllt. Aufgrund der während des Einspritzens unvollständigen Formfüllung bleibt der Forminnendruck deutlich niedriger als beim kompakten Spritzgießen, woher die Bezeichnung "Niederdruckschäumen" resultiert. Die maximal erzielbare Dichtereduktion ist dadurch begrenzt, dass die Kavität durch die aufschäumende Schmelze nicht mehr vollständig gefüllt wird.

Beim **Hochdruckschäumen** wird die Kavität zunächst vollständig gefüllt. Anschließend erfolgt eine Vergrößerung der Kavität (z. B. durch einen Öffnungshub), die zum Druckabfall und damit zum Aufschäumen der Schmelze führt.

### 3.3 Variothermverfahren

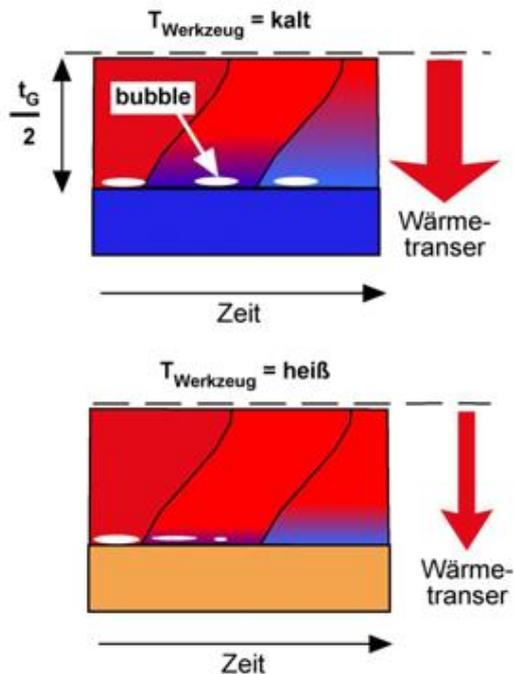


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Wärmeabfuhr mit (unten) und ohne (oben) Variotherm-Verfahren

Das Variothermverfahren wird zur Verbesserung der Oberflächenqualität (beim TSG Verfahren) oder der Qualität von Bindenähen eingesetzt. Beim Variotherm- oder auch Heiz-Kühl-Verfahren wird die Werkzeugwand zu Beginn des Einspritzvorgangs auf eine Temperatur oberhalb der Erweichungstemperatur des Kunststoffes gebracht. Während des Einspritzens bleibt der Kunststoff an der Werkzeugwand schmelzflüssig, sodass hier keine blasenartigen Strukturen einfrieren und aufgerissen werden können (siehe Abbildung 6). Somit entstehen im Gegensatz zum reinen TSG Verfahren glatte Oberflächen. Weiterhin können durch das Variothermverfahren Bauteile ohne sichtbare Bindenähte, mit geringem Verzug und mit hochglänzenden Oberflächen hergestellt werden.

### 3.4 Spritzprägen (Positiv-Prägen)

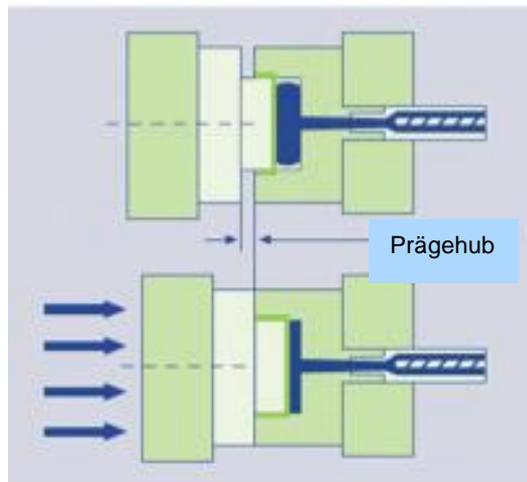


Abbildung 7: Ablauf Spritzprägen (Quelle: ENGEL Austria GmbH)

Die Prägetechnik wird sehr häufig genutzt, um den Einspritz- und Nachdruckvorgang bei der Herstellung dickwandiger Teile zu optimieren oder um die Eigenspannung von Spritzgießteilen zu verringern. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, erfolgt nach Einspritzphase eine Schließbewegung des teilgeöffneten Werkzeugs. Durch diese Prägebewegung wird die Schmelze in der Kavität an das Fließwegende transportiert und ein flächiger Nachdruck aufgebracht. Die Vorteile aufgrund der geringeren Scherbelastung des Polymers sind ein verminderter Verzug, ein verbessertes Orientierungs- und Eigenspannungsniveau sowie die Möglichkeit dünnwandige Bauteile mit langen Fließweglängen zu fertigen.

### 3.5 Folienhinterspritzen

Die Veredelung von Kunststoffbauteilen (Funktionalisierung, Dekor, Schutz) während des Spritzgießens durch Hinterspritzen eines Foliensystems wird Folienhinterspritzen genannt. Der Prozess ermöglicht eine erhebliche Kostensenkung für veredelte Bauteile, da ein Zwischenlager und zusätzliche Arbeitsschritte entfallen. In Abbildung 8 ist der Prozess, realisiert mit einem Folienvorschubgerät, schematisch dargestellt.

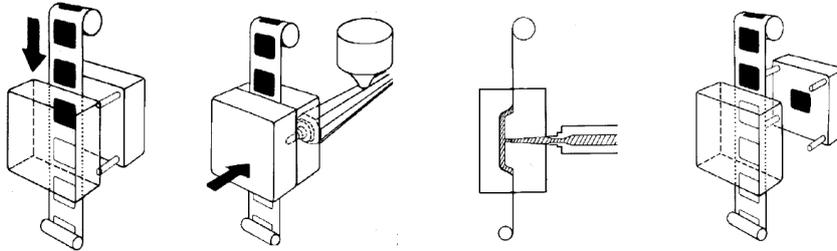


Abbildung 8: Folienhinterspritzen mit Unterstützung eines Folienvorschubgeräts (Quelle: CFC Oeser)

Beim Folienhinterspritzen kann zwischen der In-Mold-Decoration (IMD) und dem In-Mold-Labeling (IML, FIM = Film Insert Molding) unterschieden werden. Beim IMD wird die Dekorschicht während des Spritzgieß-Prozesses durch den Druck und die Massetemperatur von einer Trägerfolie auf ein Bauteil übertragen. Nach dem Abkühlen wird das Formteil ohne der Trägerfolie ausgeworfen. Im IML-Prozess wird ebenfalls eine Folie mit Dekor- oder Funktionsschicht, beispielsweise durch ein Folienvorschubgerät in die Kavität eingebracht, verformt und mit Kunststoff hinterspritzt. Allerdings wird beim IML die Folie beschnitten und komplett auf das Formteil übertragen.

## 4 Spritzgießmaschinen

Mögliche Kombinationen		Maschine			
		Engel e-mac 170/50	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M	Engel ESP V-duo 4400H/4400H/2500V	Battenfeld HM1 10/525
Sonderverfahren					
2-Komponenten	Verbundspritzgießen				
	Stack-Mold-Technik				
	Co-Injektion				
Thermoplast-Schaumspritzgießen	Physikalisch (MuCell, CellMould)				
	Chemisch				
	Gasgegendruckverfahren				
Variothermverfahren					
Spritzgieß-Compoundierung					
Prägen	Negativ Prägen (Atmen)				
	Positiv Prägen				
Kombination	Spritzpressen				
Mikrospritzgießen					
Folienhinterspritzen	IMD				
	IML				
Handling-Roboter					
IR-Felder					
PU-Überfluten					

## 4.1 Vollelektrische Spritzgießmaschine „Engel e-mac 170/50“ - Fa. Engel



Abbildung 9: Engel e-mac 170/50

Schließeinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	500	Schneckendurchmesser [mm]	30
Lichter Holmabstand [mm]	370 x 320	L/D Verhältnis	20
Werkzeugaufspannplatten [mm]	520 x 470	Max. Spritzvolumen [cm <sup>3</sup> ]	84
Min. Einbauhöhe [mm]	150	Max. Spritzdruck [bar]	2.000
Max. Einbauhöhe [mm]	350	Max. Verarbeitungstemperatur [°C]	450
Max. Gewicht bew. WK-Hälfte [kg]	480		
Zentrierungsdurchmesser [mm]	125		
Schließeinheit	elektrisch		

## 4.2 3K-Spritzgießanlage mit Wendeplatte

### „Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M“ - Fa. Engel



Abbildung 10: Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M

Schließereinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	4500	Spritzeinheit 1 (MuCell)	
Lichter Holmabstand [mm]	910 x 830	Schneckendurchmesser [mm]	60
Min. Einbauhöhe [mm]	400	L/D Verhältnis	24
Max. Öffnungsweg [mm]	1200	Max. Spritzvolumen [cm <sup>3</sup> ]	730
Zentrierungsdurchmesser [mm]	200	Max. Spritzdruck [bar]	1800
Schließereinheit	Hydraulisch	Standort von Steuerung gesehen	rechts
		Spritzeinheit 2 (3-Zonen-Schnecke)	
		Schneckendurchmesser [mm]	60
		L/D Verhältnis	20
		Max. Spritzvolumen [cm <sup>3</sup> ]	730
		Max. Spritzdruck [bar]	1800
		Max. Verarbeitungstemperatur [°C]	450
		Standort von Steuerung gesehen	links
		Spritzeinheit 3 (3-Zonen-Schnecke)	
		Schneckendurchmesser [mm]	45
		L/D Verhältnis	20
		Max. Spritzvolumen [cm <sup>3</sup> ]	270
		Max. Spritzdruck [bar]	2000
		Max. Verarbeitungstemperatur [°C]	450
		Standort von Steuerung gesehen	gegenüberliegend
<b>Sonderausstattung:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spritzprägen EXPERT, Variotherm-Steuerung</li> <li>○ drehbare Mittelplatte für Wendeplattenfunktion und Etagenwerkzeuge</li> <li>○ Heißkanalsteuerung (pneumatisch, hydraulisch), Werkzeugtemperaturüberwachung,</li> <li>○ Linearhandling Engel ERC</li> <li>○ MuCell mit N<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> möglich</li> <li>○ Unibell Dampfcontroller für variothermes Spritzen mit Dampf bis 250 °C</li> <li>○ Gasgegendruck</li> <li>○ Busch Vakuum System (400 m<sup>3</sup>/h mit 100.l Vakuum Speicher)</li> <li>○ Kombinierbar mit mobiler Anlage zur PU-Überflutung</li> </ul>			

#### 4.2.1 Folienvorschubgerät „IMD-SI“ - Fa. Kurz



Abbildung 11: Folienvorschubgerät „IMD-SI“

Für den Betrieb an der *Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M* steht ein Folienvorschubgerät (Baureihe IMD-600 SI) der LEONHARD KURZ Stiftung & Co. KG zur Verfügung. Mithilfe des Folienvorschubgerätes können Dekorfolien im Endlosbetrieb und im positionsgenaueren Einzelbild-Betrieb verarbeitet werden, wobei zur Verwendung des Einzelbild-Betriebes im Spritzgießwerkzeug Sensoren zur Erkennung der Folienpassermarken in X- und Y-Richtung vorgesehen sein müssen. Dabei sind sowohl IMD- als auch IML-Folien bis zu einer maximalen Folienbreite von 600 mm verarbeitbar.

Das Folienvorschubgerät ist eine Sonderanfertigung, wodurch es sowohl an beiden Aufspannflächen der Wendepalte als auch an den Aufspannflächen der beweglichen und festen Düsenseite (siehe 4.2) betrieben werden kann. Bei Befestigung des Folienvorschubgerätes an der Wendepalte kann diese während des Spritzgießprozess nicht gedreht werden.

Technische Daten			
Verarbeitbare Folien		Betrieb	
Folienbreite	max. 600 mm	Betriebsarten	Einzelbild-Betrieb
			Endlosbetrieb
Teilabmessung (Breite)	max. 570 mm	Positioniergenauigkeit (bei sensorgesteuerter Folienpositionierung)	± 0.07 mm
Rollendurchmesser	max. Ø 210 mm	Positioniergeschwindigkeit	bis zu 500 mm/s
Folientypen	IMD / IML	Prozessbezogener Betrieb durch Integration der Ansteuerung in die Steuerung Spritzgießanlage	

## 4.2.2 2K-Sandwich-Zwischenplatte (Co-Injektion)

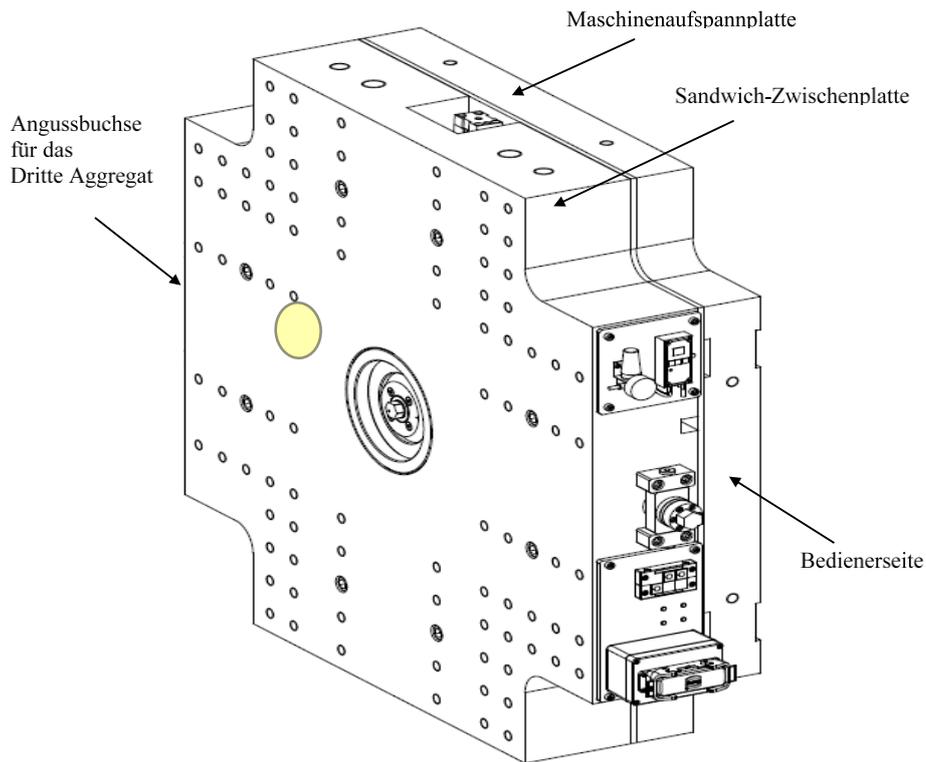


Abbildung 12: Zeichnung der Co-Injektionsplatte

Die 2K-Sandwich-Zwischenplatte dient zum Mehrkomponenten-Spritzgießen. Das Hauptaugenmerk der „Sandwichplatte“ liegt auf der Co-Injektion über einen Anspritzpunkt, dies wird durch den Schmelzedruck gesteuerten Kolben erreicht. Er führt die Schmelzeströme von Haupt- und Nebenspritzeinheit nacheinander oder gleichzeitig auf einen Anspritzpunkt zusammen. Als Nebenspritzeinheit wird das dritte Aggregat der ENGEL 450 duo, welches sich in L-Stellung auf der Bedienseite befindet, verwendet. Über eine hydraulische Nadelverschlussdüse, welche die Anlagenkraft über vorgespannte Tellerfedern aufbringt, wird die Kunststoffmasse in das externe eigentliche Werkzeug geleitet bzw. eingespritzt.

Technische Daten	
<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	1348 x 1348
<b>Formhöhe [mm]</b>	440 (Zentrierring 200 mm)
<b>Spritzgießmaschine</b>	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M
<b>Heißkanal</b>	Bis 350 °C
<b>Besonderheiten</b>	Eintauchtiefe bis zur Werkzeug-Anspritzbuchse, max. 15 mm

### 4.3 Fertigungszelle mit Spritzpresse „Engel ESP V-duo 4400H/4400H/2500V“ und Bauteiltemperierung mit Umluft-Paternosterofen oder IR-Feldern



Abbildung 13: Engel ESP V-duo 4400H/4400H/2500V

Schließeinheit		Spritzeinheit	
<b>Schließkraft [kN]</b>	25.000	<b>Spritzaggregat 1 (3-Zonen-Schnecke)</b>	
<b>Lichter Holmabstand [mm]</b>	2.000 x 1.600	<b>Schneckendurchmesser [mm]</b>	105 / 90 / 70
<b>Max. Werkzeuggröße [mm]</b>	2.100 x 1.500	<b>L/D Verhältnis</b>	22 / 22 / 22
<b>Min. Einbauhöhe [mm]</b>	500	<b>Max. Spritzvolumen [cm³]</b>	3377 / 2481 / 1500
<b>Max. Einbauhöhe [mm]</b>	1.390	<b>Max. Spritzdruck [bar]</b>	1408 / 1916 / 2304 (bis 350 °C)
<b>Max. Plattenabstand [mm]</b>	2.100		1408 / 1839 / 2000 (bis 450 °C)
<b>Schließeinheit</b>	Hydro-mechanisch	<b>Spritzaggregat 2 (MuCell) + Akku</b>	
<b>Prägehub [mm]</b>	65	<b>Schneckendurchmesser [mm]</b>	90
<b>Schließgeschwindigkeit [mm/s]</b>	450	<b>L/D Verhältnis</b>	22
<b>Schiebetischhub [s]</b>	4	<b>Max. Spritzvolumen [cm³]</b>	2232
<b>Einspritzhöhe [mm]</b>	340 / 700 bzw. 1090	<b>Max. Spritzdruck [bar]</b>	2178 (bis 350 °C)
		<b>Max. Verarbeitungstemperatur [°C]</b>	450 (MuCell bis 350)
<b>Sonderausstattung:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spritzprägen EXPERT</li> <li>• MuCell Aggregat</li> <li>• Alle Spritzeinheiten variabel</li> <li>• Ecograph, Werkzeuginnendrucküberwachung, Heißkanalsteuerung</li> <li>• Werkzeugschnellspannsystem in oberer Aufspannplatte: Typ Engel mit Spannzapfen SSV D135</li> <li>• Paternosterofen für die Temperierung von Halbzeugen und 3D-Bauteilen bis 360 mm Höhe</li> <li>• Stäubli Sechssachsenroboter zur Übergabe der Bauteile von Paternosterofen zu Werkzeug</li> <li>• Handling-Roboter mit IR-Feld zur Bauteiltemperierung</li> </ul>			

Automatisierte Fertigungszelle für thermoplastische Faserverbundbauteile mit Umluft-Paternosterofen, IR-Feldern, Handling-Roboter und Spritzpresse.

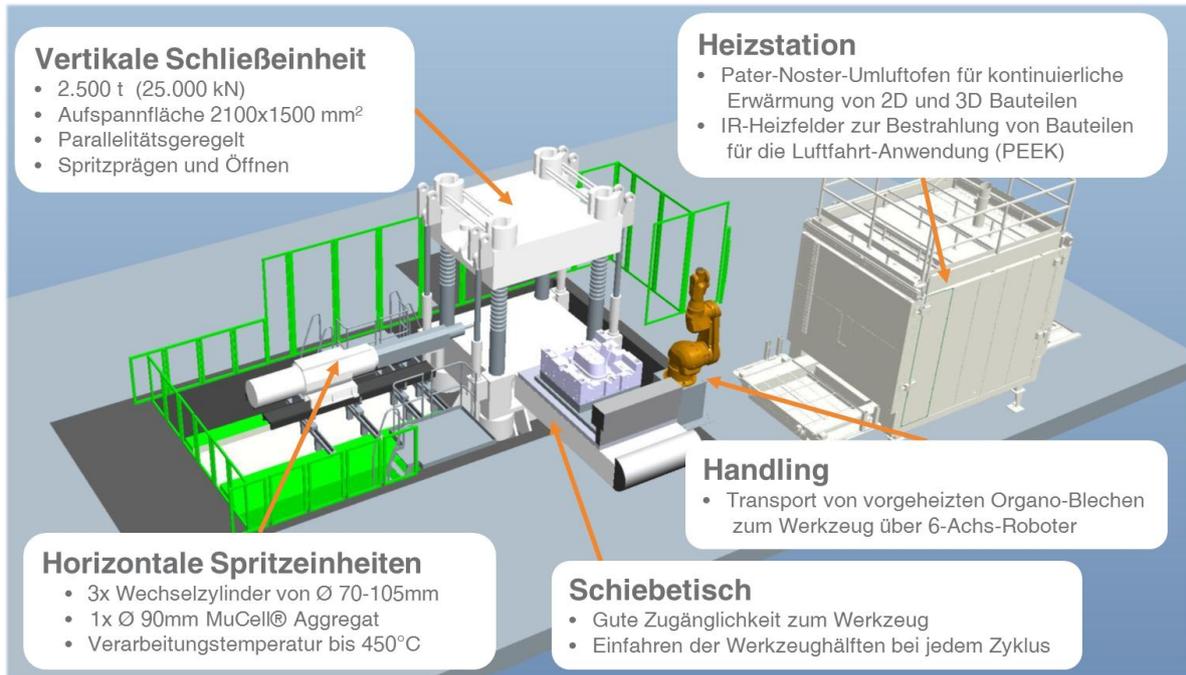


Abbildung 14: Schematische Abbildung der automatisierten Fertigungszelle für thermoplastische Faserverbundbauteile

Ofenbetrieb mit 2D-Plattenware		Ofenbetrieb mit 3D-Preforms	
<b>Max. Größe [mm]</b>	2200 x 1200	<b>Max. Größe [mm]</b>	2200 x 1200
<b>Max. Höhe [mm]</b>	50	<b>Max. Höhe [mm]</b>	360
<b>Max. Anzahl</b>	36	<b>Max. Anzahl</b>	7
<b>Max. Temperatur [°C]</b>	290	<b>Max. Temperatur [°C]</b>	300
<b>Mögliche Taktzeit [s]</b>	35	<b>Mögliche Taktzeit [s]</b>	60
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Integration der Ofensteuerung in den Maschinenablauf</li> <li>○ Ideale Durchwärmung der Halbzeuge ohne Über-Temperatur</li> </ul>			

#### 4.4 Spritzgießmaschine „HM110/525“ - Fa. Battenfeld



Abbildung 15: Spritzgießmaschine Battenfeld HM110/525

Schließeinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	1.100	Spritzaggregat A (CellMould)	
Lichter Holmabstand [mm]	470 x 420	Schneckendurchmesser [mm]	35
Min. Einbauhöhe [mm]	275	L/D Verhältnis	25
Max. Einbauhöhe [mm]	575	Max. Spritzvolumen [cm <sup>3</sup> ]	193
Zentrierungsdurchmesser [mm]	125	Max. Spritzdruck [bar]	2743
Schließeinheit	Hydraulisch	Max. Verarbeitungstemperatur [°C]	350
<b>Sonderausstattung:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präzisionsöffnen</li> <li>• Kernzugsteuerung 2-fach hydraulisch</li> <li>• Verschlussdüsen Heißkanal 8-fach pneumatisch</li> <li>• Linearhandling</li> <li>• Gasgegendruck (Leihgabe)</li> <li>• CellMould® Ausstattung</li> <li>• Volumetrische Dosiereinheit (Movacolor MC12)</li> <li>• Kombinierbar mit mobiler Anlage zur PU-Überflutung</li> </ul>			

## 5 Spritzgießwerkzeuge

Übersichtstabelle Spritzgießwerkzeuge:

	Maschine	Engel e-mac 170/50	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M	Engel ESP V-duo 4400H/4400H/2500V	Battenfeld HM110/525
Spritzgießwerkzeug					
Kassettenwerkzeug mit Wechselkassetten					
Multiprobekörperwerkzeug					
Stammwerkzeug für Battenfeld HM110/525					
2K-Wendeplattenwerkzeug					
Stammwerkzeug für Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M					
Tiefe Wanne					
Platte 500 mm x 200 mm					

## 5.1 Kassettenwerkzeug mit Wechselkassetten

Kassettenwerkzeuge eignen sich für kleine Serien für die Herstellung von Prototypen und Prüf- bzw. Normkörpern. Der Vorteil des Kassettenwerkzeuges ist der schnelle Wechsel der Einschübe. Ein Umrüsten der Maschine ist somit in wenigen Minuten möglich. Ferner können einfach und kostengünstig weitere Kassetten in der eigenen Werkstatt erstellt werden.

**Einbaumaße Stammwerkzeug:**

<b>Werkzeugabmessung B x H [mm]</b>	290 x 350
<b>Formhöhe [mm]</b>	275
<b>Spritzgießmaschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engel e-mac 170/50</li> <li>• Battenfeld HM110/525</li> </ul>
<b>Temperiermedium</b>	Wasser
<b>Max. Werkzeugtemperatur [°C]</b>	95



Abbildung 16: Kassettenwerkzeug mit Spiegelplatte

### 5.1.1 „Campus-Zugstab“

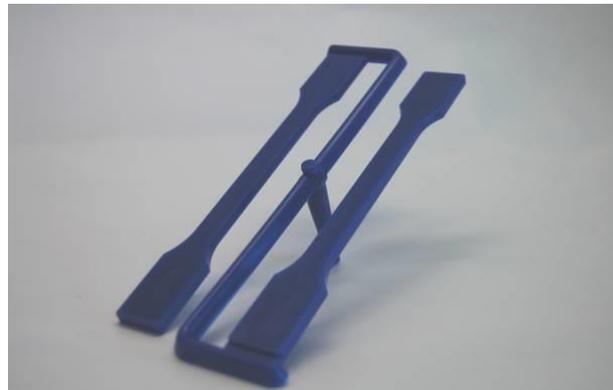
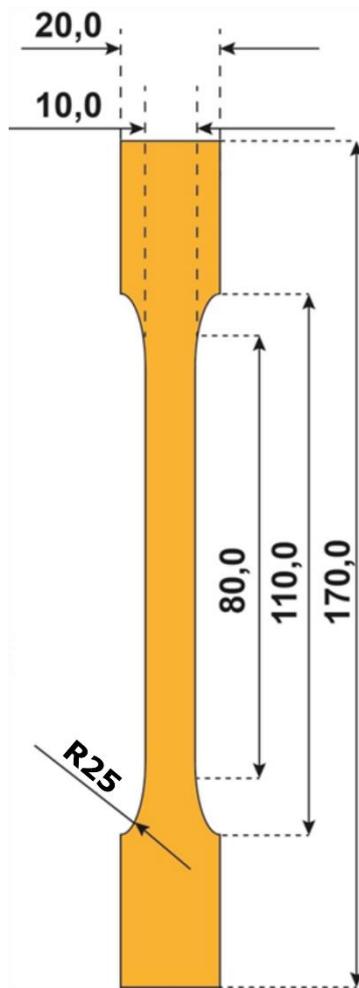


Abbildung 17: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Campus-Zugstabs“

<b>Norm</b>	DIN EN ISO 527-2, Typ 1A
<b>Anguss</b>	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	28,9
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	4

## 5.1.2 „Klein-Zugstab“

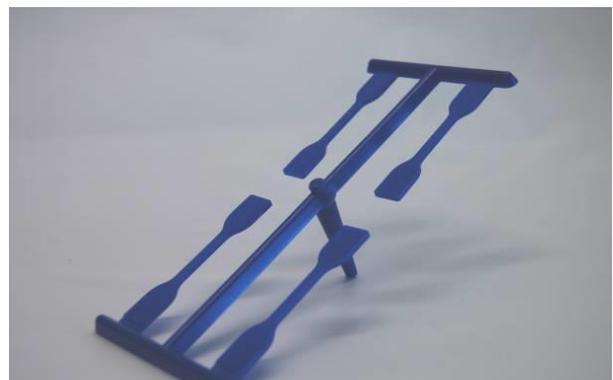
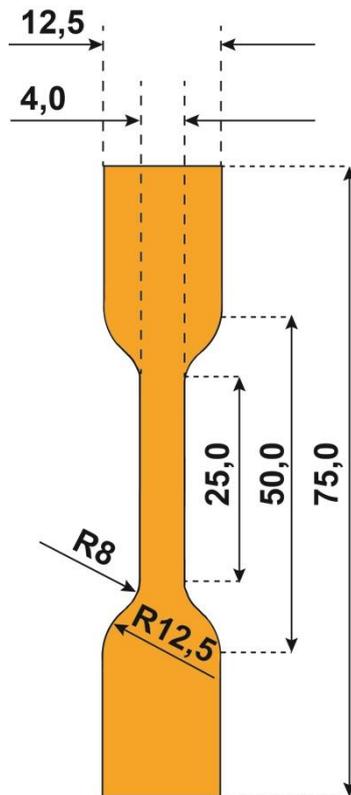


Abbildung 18: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Klein-Zugstabs“

<b>Norm</b>	DIN EN ISO 527-2, Typ 5A
<b>Anguss</b>	Doppelter T-Anguss, Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	17,1
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	4
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	2

### 5.1.3 „Mini-Zugstab“

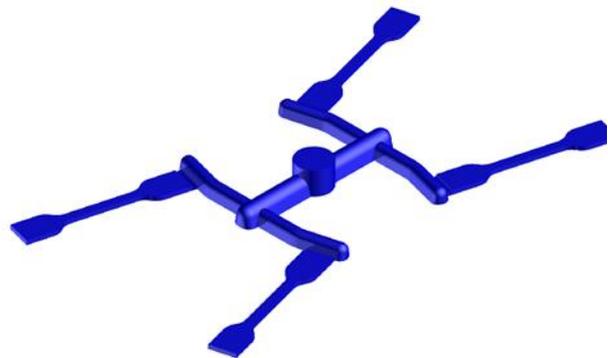
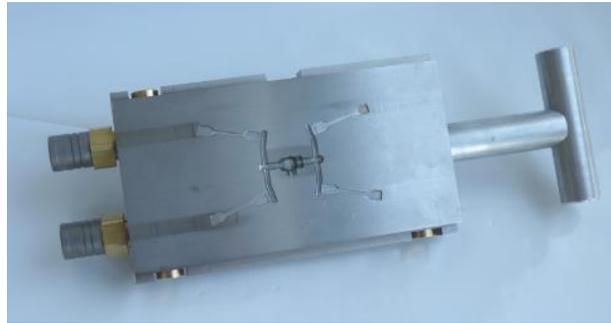
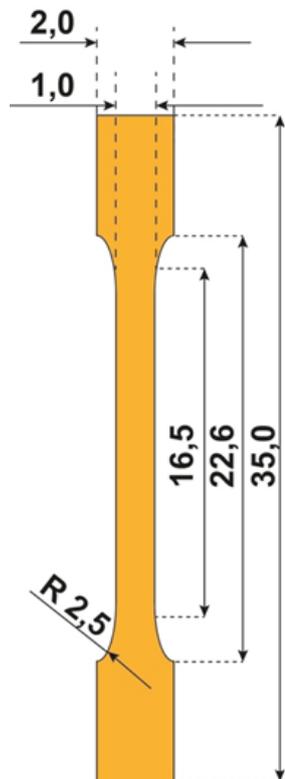


Abbildung 19: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Mini-Zugstabs“

<b>Norm</b>	
<b>Anguss</b>	Doppelter T-Anguss, Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	3,8
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	4
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	1

## 5.1.4 „Prüfstab“ 4 mm

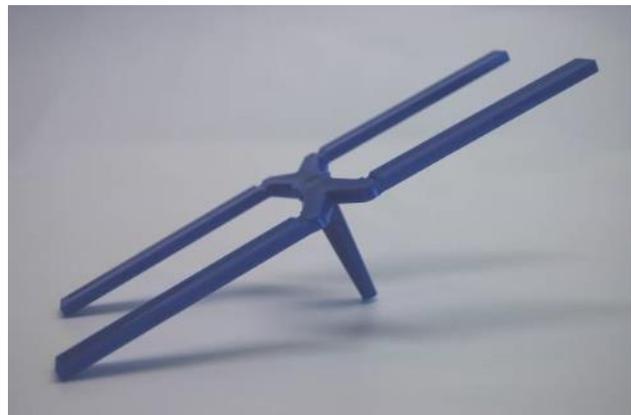
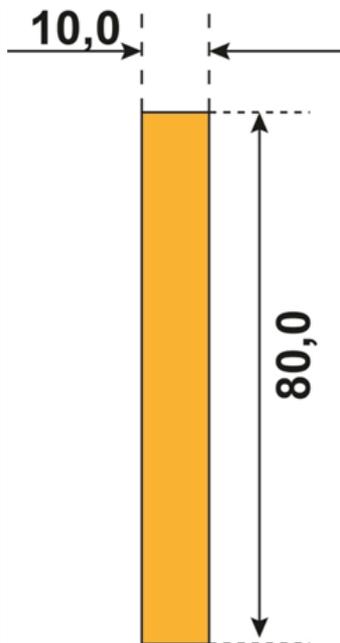


Abbildung 20: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Prüfstabs“

<b>Norm</b>	DIN EN ISO 178 DIN EN ISO 179-1; Typ 1
<b>Anguss</b>	Doppelter T-Anguss, Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	18,1
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	4
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	4

### 5.1.5 „Prüfstab“ 2 mm + 3 mm

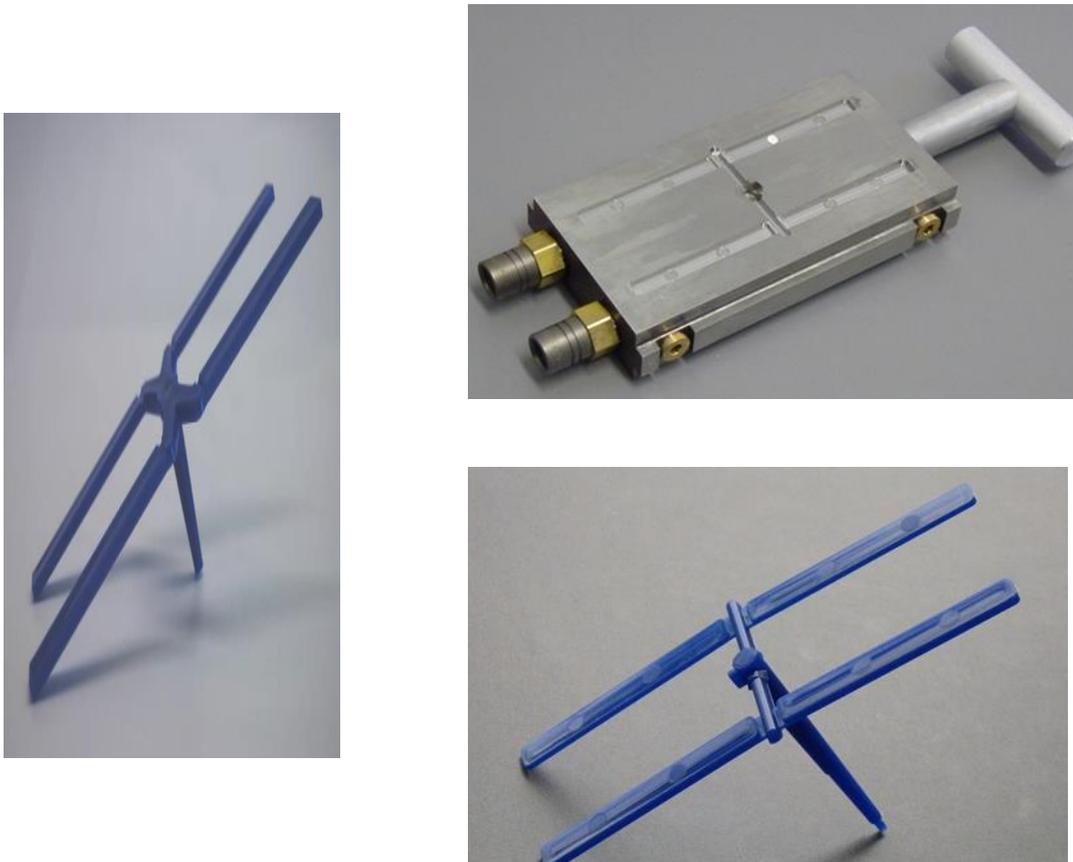


Abbildung 21: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Prüfstabs“

<b>Norm</b>	DIN EN ISO 178 DIN EN ISO 179-1; Typ 1
<b>Anguss</b>	Doppelter T-Anguss, Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	18,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2 + 2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	2 x 2 und 2 x 3

### 5.1.6 „Stäbe für Flammstest“

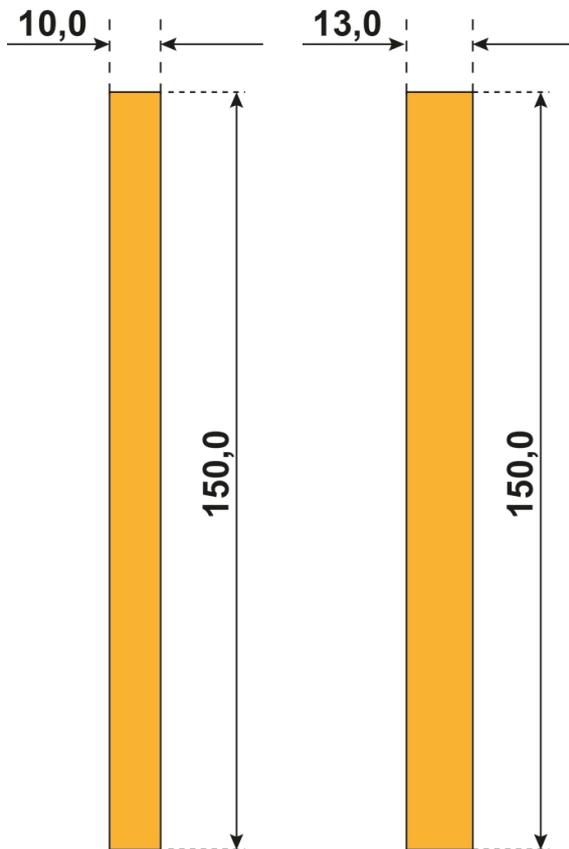


Abbildung 22: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Stäbe für Flammstests“

<b>Norm</b>	Din EN ISO 4589 (LOI), Stab 1 UL94; Stab 2
<b>Anguss</b>	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	20,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	3 (UL94) bzw. 4 (DIN EN ISO 4589)

### 5.1.7 „Platte 60 x 60 mm“

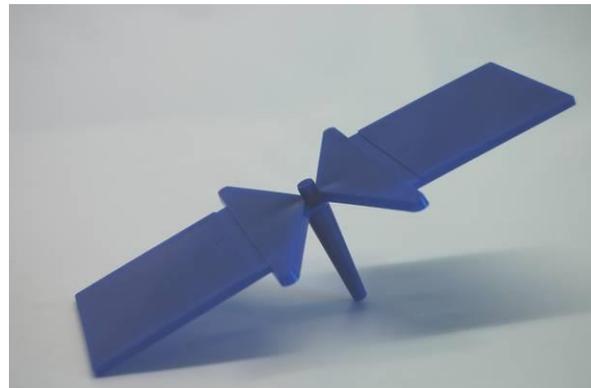
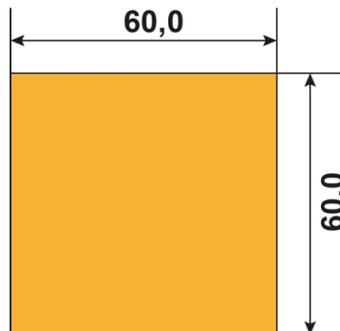


Abbildung 23: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 60 x 60 mm“

<b>Norm</b>	DIN EN ISO 6603-1
<b>Anguss</b>	Filmanguss, 2-fach
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	35,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	3

### 5.1.8 „Platte 70 x 70 mm“

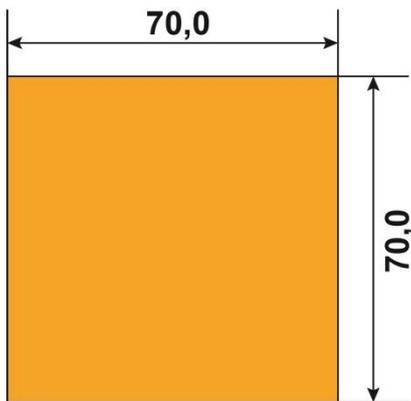


Abbildung 24: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 70 x 70 mm“

<b>Norm</b>	-
<b>Anguss</b>	Filmanguss, 2-fach
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	44,7
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	4

### 5.1.9 „Platte 80 x 80 mm“

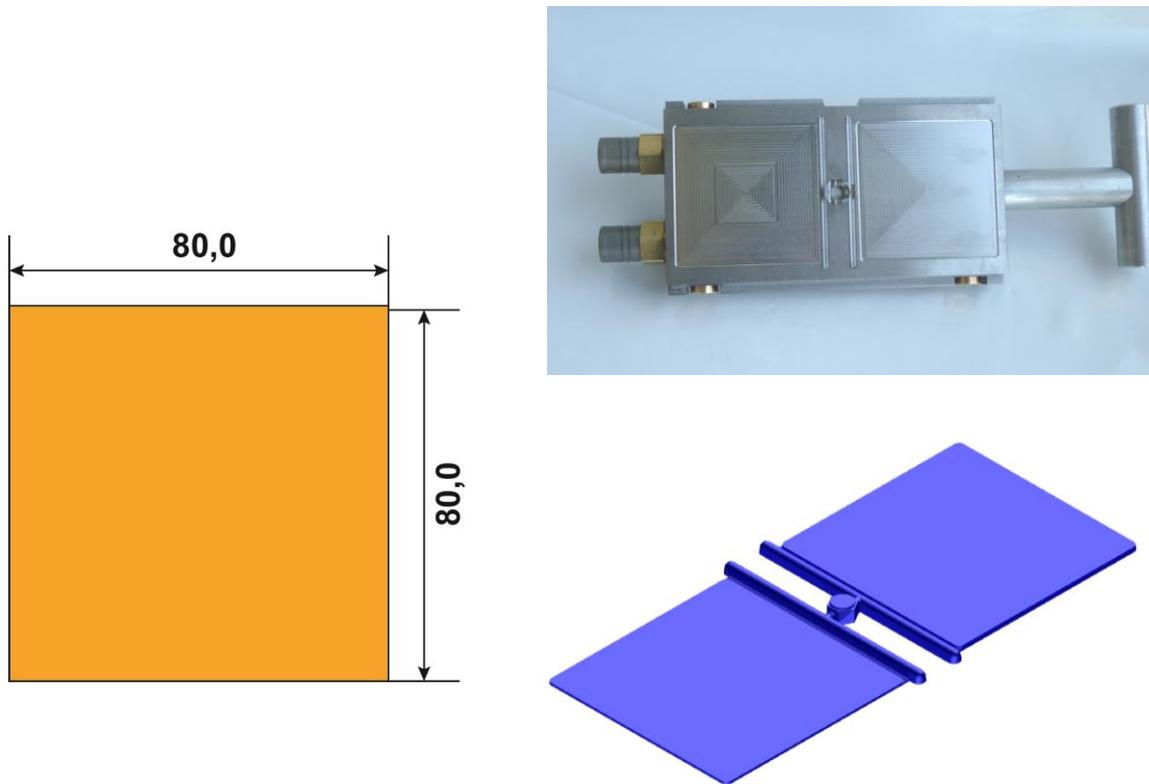


Abbildung 25: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 80 x 80 mm“

<b>Norm</b>	-
<b>Anguss</b>	Filmanguss, 2-fach
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	25,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	2
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	1 bzw. 2

### 5.1.10 „Platte 100 x 100 mm“

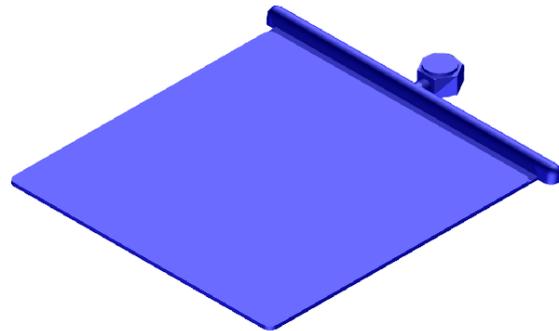
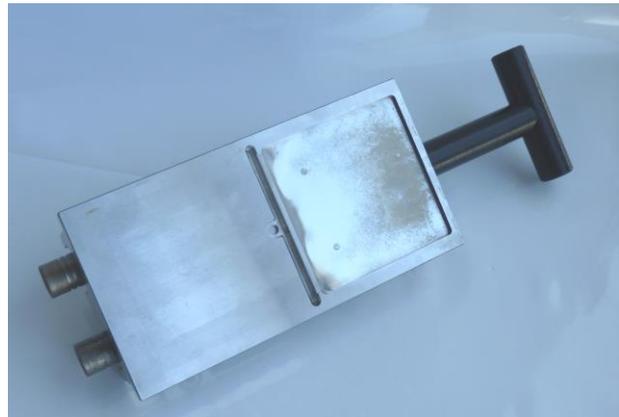
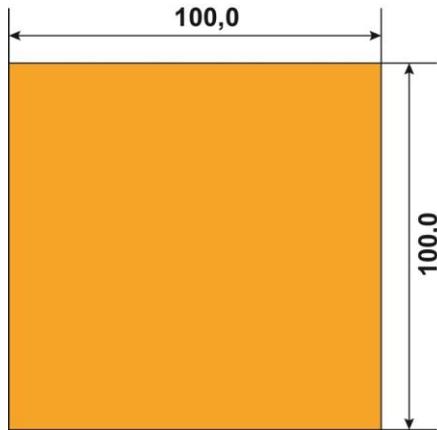


Abbildung 26: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 100 x 100 mm“

<b>Norm</b>	-
<b>Anguss</b>	Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	37,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	1
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	3

## 5.1.11 „Platten unterschiedlicher Wandstärke“

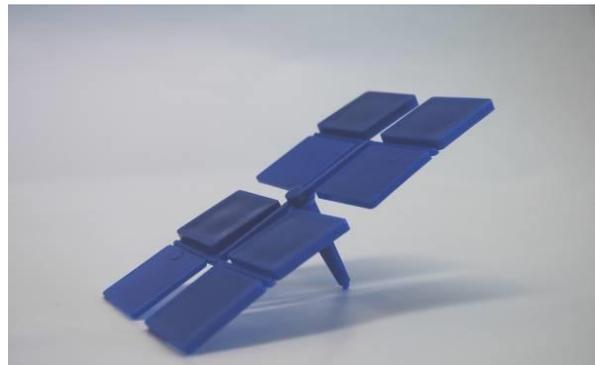
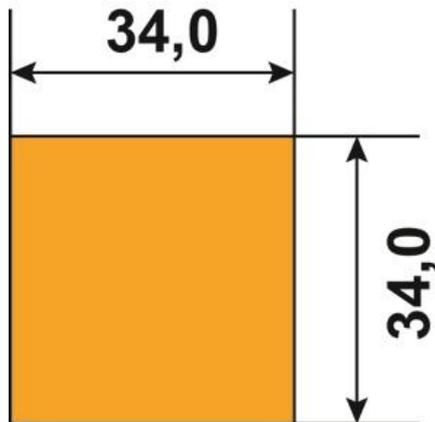


Abbildung 27: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platten unterschiedlicher Wandstärke“, geeignet um das Nachblähpotential beim TSG-Verfahren zu untersuchen

<b>Norm</b>	-
<b>Anguss</b>	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	38,3
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	8
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5

### 5.1.12 CT-Probekörper („Compact-Tension“)

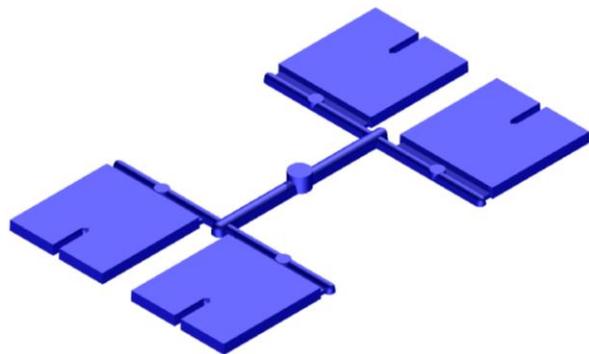
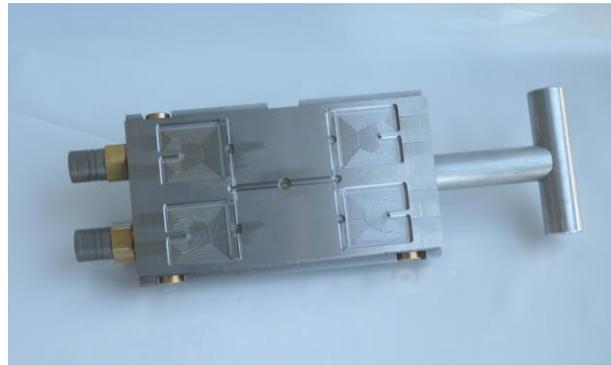
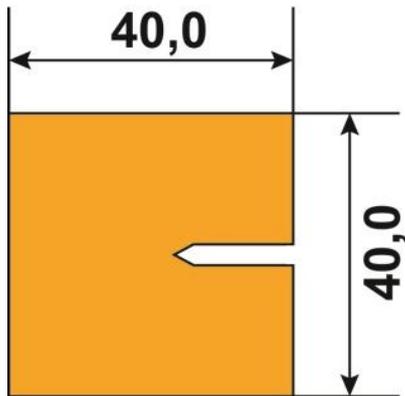


Abbildung 28: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „K<sub>IC</sub>-Platte“

<b>Norm</b>	ISO 13586
<b>Anguss</b>	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	30,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	4
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	4,0

### 5.1.13 „Haze-Scheiben“

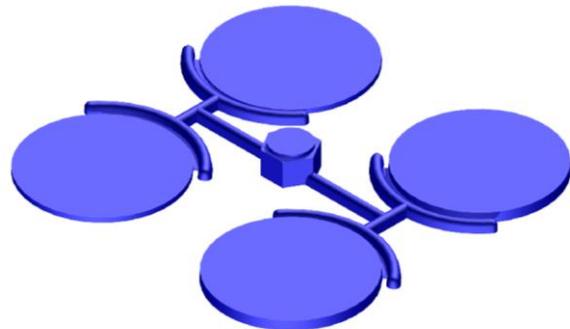
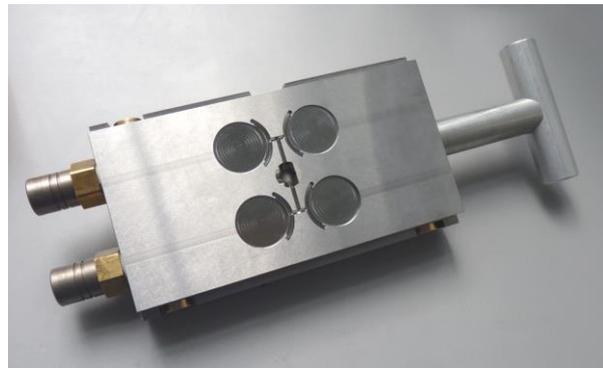
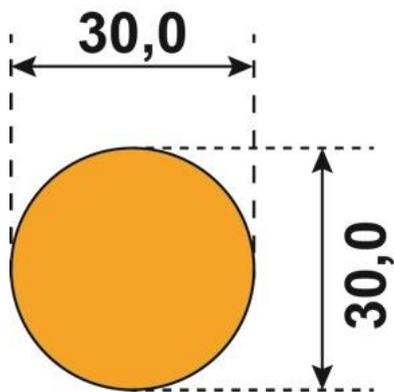


Abbildung 29: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Haze-Scheiben“

<b>Norm</b>	ASTM D 1003
<b>Anguss</b>	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	8,2
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	4
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	1,0 bzw. 2,0 (drehbarer Anguss)

### 5.1.14 „Fließspirale“

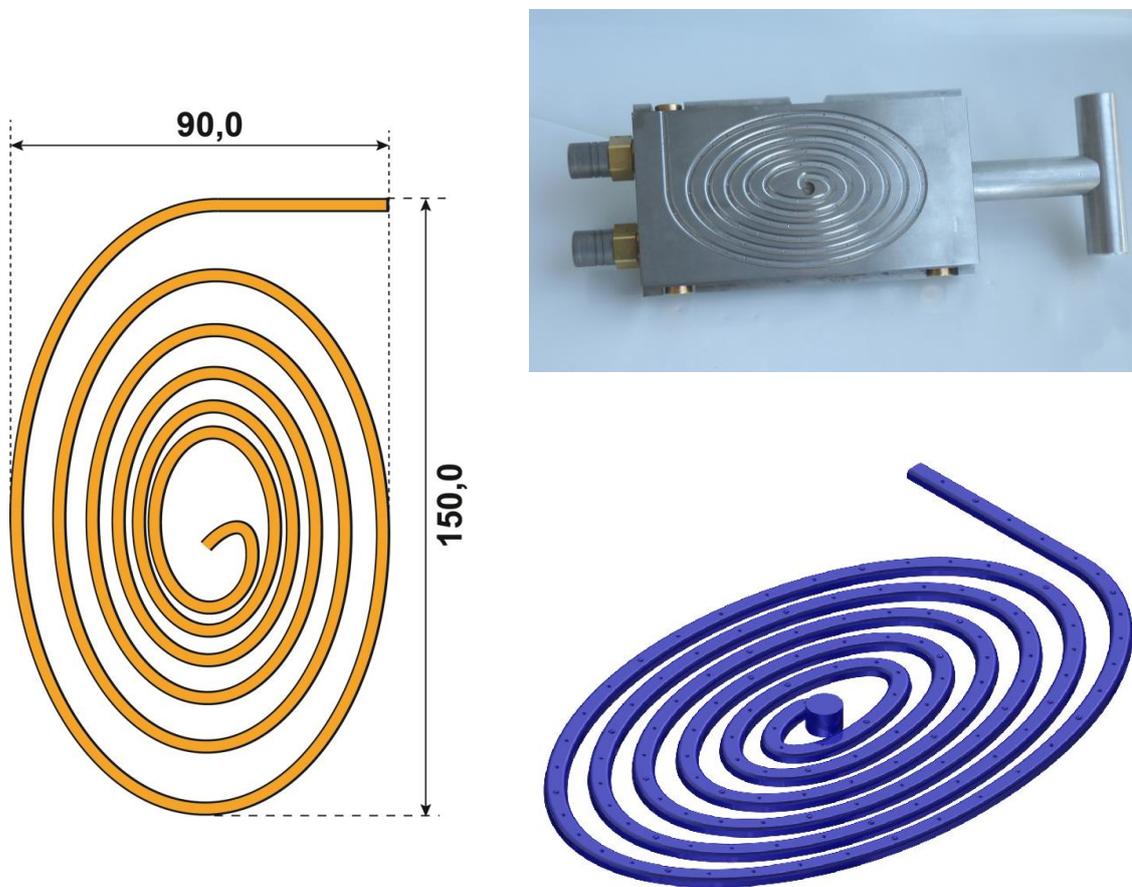


Abbildung 30: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Fließspirale“

<b>Norm</b>	-
<b>Anguss</b>	Anbindung der Fließspirale über Stangenanguss
<b>Spritzvolumen inklusive Anguss [cm<sup>3</sup>]</b>	30,0
<b>Anzahl der Prüfkörper pro Kassette</b>	1
<b>Dicke der Prüfkörper [mm]</b>	2,0

## 5.2 „Multiprobekörperwerkzeug“

Das Multiprobekörperwerkzeug wurde speziell für die LFT - Verarbeitung konzipiert und ist daher mit einem breiten Stangenanguss versehen, der die Fasern beim Einspritzvorgang so wenig wie möglich schädigt. Der Multiprobekörper verfügt über zwei Prüfkörper für Zug- und Schlagbiegeversuche, eine Durchstoßplatte für den „Falling Dart Test“ und über eine Platte, aus der sich z.B. Zugstäbe mit einer Orientierung von 0°, 45° oder 90° entnehmen lassen. Probendicken von 2 mm und 4 mm können durch zwei austauschbare Werkzeugeinsätze realisiert werden.

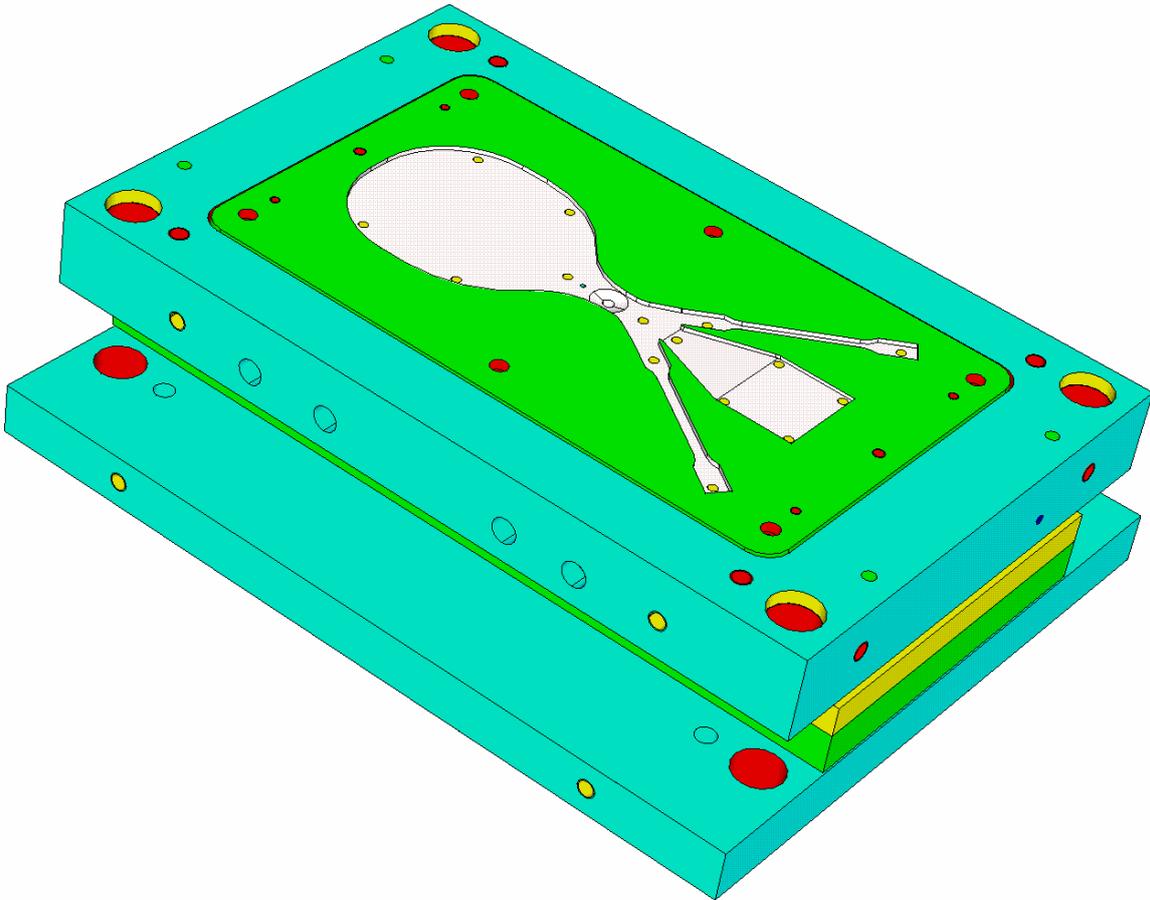


Abbildung 31: CAD-Bild der Multiprobekörperwerkzeugkavität

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	695 x 545
<b>Formhöhe [mm]</b>	390
<b>Probekörperherstellung für folgende mechanische Prüfungen möglich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN EN ISO 527-2, Typ 1A (Zugstab Probekörper)</li> <li>• DIN EN ISO 6603-1 (Impact, Falling Dart)</li> <li>• DIN EN ISO 179-2/1 (Pendelschlag Probekörper)</li> </ul>
<b>Sprießgießmaschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M</li> </ul>
<b>Oberfläche</b>	Poliert
<b>Anguss</b>	Stangenanguss
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	Kaltkanal
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 120 °C
<b>Multiprobekörperdicke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 mm</li> <li>• 4 mm</li> </ul>

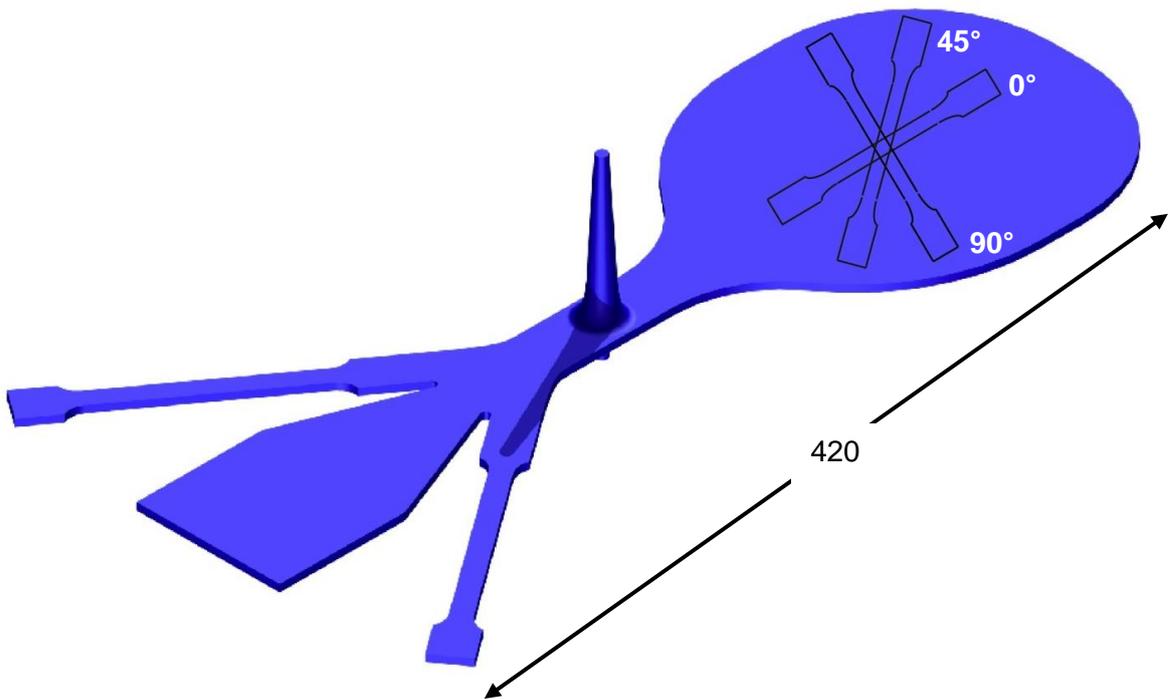


Abbildung 32: Multiprobekörperbauteil mit möglichen Entnahmepositionen der Prüfkörper in unterschiedlichen Faserorientierungen (0°, 45° und 90°)

### 5.3 Stammwerkzeug für Battenfeld HM 110/525

Das Stammwerkzeug wurde für Versuche des Schaumspritzgießens, aber auch für kompakte Materialien und gefüllte Compounds konzipiert. Für das Stammwerkzeug sind aktuell drei verschiedene Einsätze (vgl. Abbildung 33 und Abbildung 34) vorhanden, mit welchen durch eine Tauchkante Bauteildicken von 0,5 mm bis 8 mm (in 0,5 mm bzw. 0,1 mm Schritten) realisiert werden können. Durch die Tauchkante wird ebenfalls die Herstellung von Bauteilen mittels Positiv- oder Negativ-Prägen ermöglicht.

Des Weiteren wurde die Temperierung der drei Einsätze mittels Simulationen für eine variotherme Temperierung mit Werkzeugtemperaturen bis zu 180 °C optimiert, wobei Temperaturabweichungen in der Kavitätsfläche von weniger als  $\pm 2$  °C erreicht werden konnten.

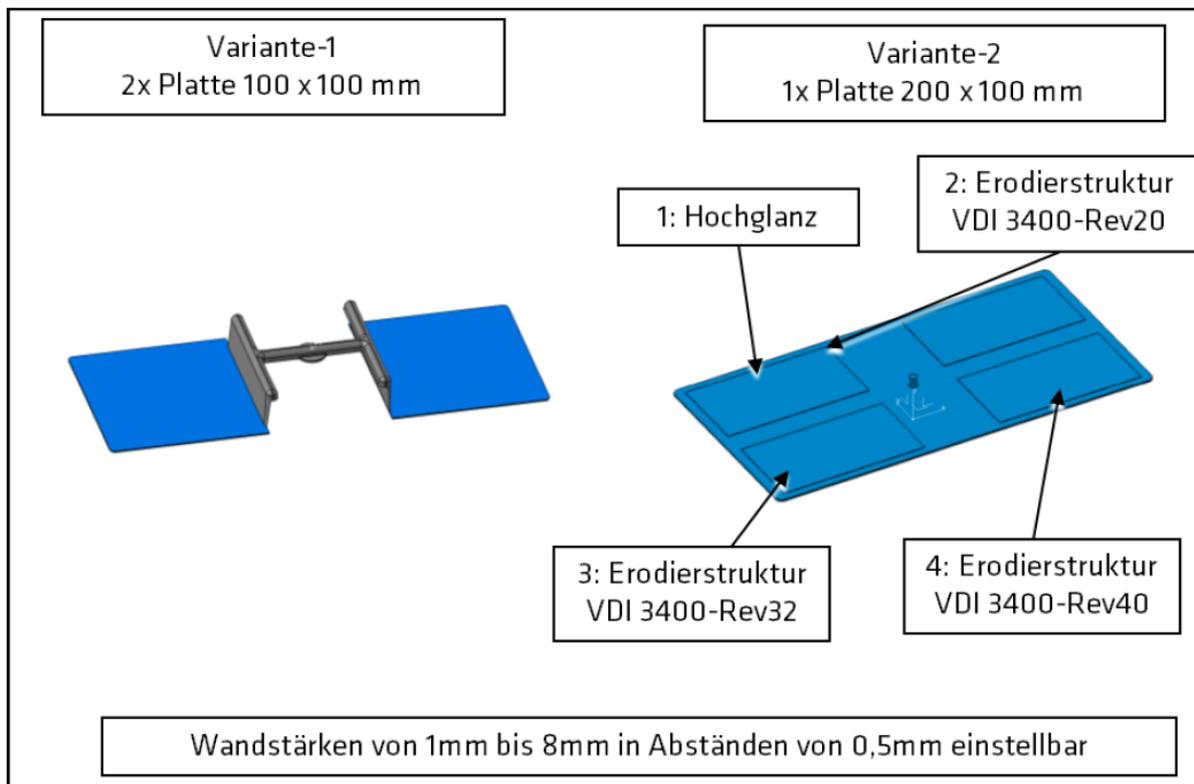


Abbildung 33: Bauteilvarianten 1 und 2 als Beispielvariante mit Wandstärke 1 mm

Mit Einsatzvariante 1 können plattenförmige Probekörper mit einer projizierten Bauteilfläche von 100 mm x 100 mm gefertigt werden. Der Einsatz verfügt über zwei Nester dieser Geometrie, die separat sperrbar und auf der Sichtseite hochglanzpoliert sind. Die Anbindung erfolgt über einen Filmanguss.

Mit Einsatzvariante 2 wird die Fertigung plattenförmiger Probekörper mit einer projizierten Bauteilfläche von 100 mm x 200 mm ermöglicht. Die Anbindung erfolgt zentral mittig über einen Stangenanguss. Als Besonderheit weist dieser Einsatz auf der Sichtseite drei Flächen mit Erodierstrukturen und eine Fläche mit Hochglanzpolitur auf, sodass der Einfluss von Material und Prozessführung auf die resultierende Abbildungsqualität der verschiedenen Oberflächenstrukturen untersucht werden kann.

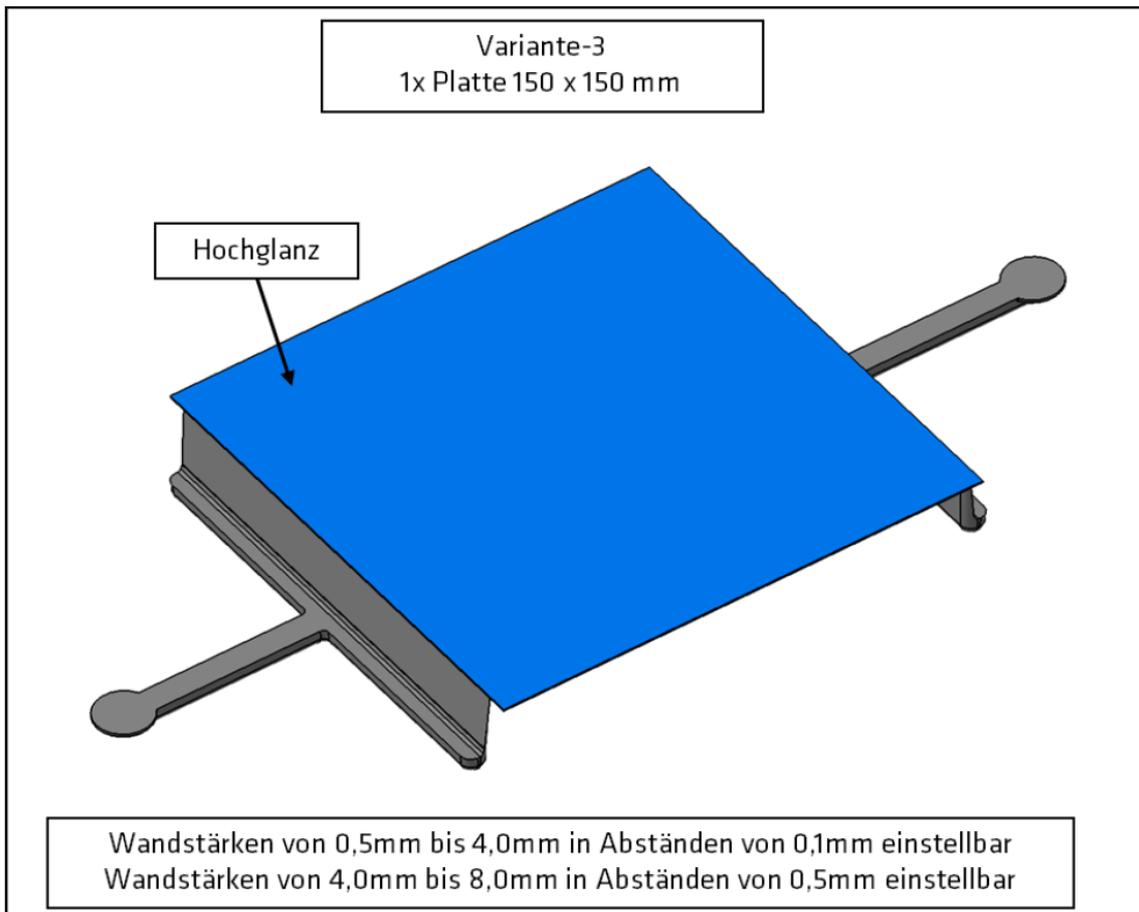


Abbildung 34: Bauteilvariante 3 als Beispielvariante mit Wandstärke 0,5 mm

Mit Einsatzvariante 3 können plattenförmige Probekörper mit einer projizierten Bauteilfläche von 150 x 150 mm hergestellt werden. Die Sichtseite ist hochglanzpoliert. Die Anbindung kann über einen Filmanguss von einer Seite oder beidseitig erfolgen, um mögliche Bindenähte zu untersuchen. Eine Besonderheit des Einsatzes besteht darin, dass sich Wandstärken von 0,5 mm bis 4,0 mm in Abständen von 0,1 mm einstellen lassen. Wandstärken von 4,0 mm bis 8,0 mm lassen sich in Abständen von 0,5 mm einstellen.

Alle drei Einsätze können auswerferseitig sowohl angussnah als auch angussfern mit Werkzeuginnendruckensoren ausgestattet werden

Weiterhin können Einsätze gefertigt werden, die eine andere Geometrie als die oben genannten aufweisen.

Stammwerkzeug	
<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	446 x 446
<b>Formhöhe [mm]</b>	549 (Zentrierring 125 mm)
<b>Spritzgießmaschine</b>	Battenfeld HM 110/525
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	Heißkanal (Nadelverschlussdüse)
Einsatzvariante 1	
<b>Projizierte Bauteilfläche</b>	100 mm x 100 mm
<b>Bauteildicke</b>	Tauchkante (Wandstärke 1 mm – 8 mm variabel)
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 180 °C
<b>Anguss</b>	Filmanguss
<b>Nester</b>	2 (separat sperrbar)
<b>Oberfläche</b>	Hochganzpoliert
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variotherme Temperierung</li> <li>• Negativ- / Positiv-Prägen</li> <li>• Schäumen mit CellMould® (Battenfeld)</li> <li>• Werkzeuginnendrucksensoren</li> </ul>
Einsatzvariante 2	
<b>Projizierte Bauteilfläche</b>	100 mm x 200 mm
<b>Bauteildicke</b>	Tauchkante (Wandstärke 1 mm – 8 mm variabel)
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 180 °C
<b>Anguss</b>	Stangenanguss
<b>Nester</b>	1
<b>Oberfläche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Fläche mit Hochglanzpolitur</li> <li>• 3 Flächen mit Erodierstruktur                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ VDI 3400-Rev20</li> <li>○ VDI 3400-Rev32</li> <li>○ VDI 3400-Rev40</li> </ul> </li> </ul>
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variotherme Temperierung</li> <li>• Negativ- / Positiv-Prägen</li> <li>• Schäumen mit CellMould® (Battenfeld)</li> <li>• Werkzeuginnendrucksensoren</li> </ul>
Einsatzvariante 3	
<b>Projizierte Bauteilfläche</b>	150 mm x 150 mm
<b>Bauteildicke</b>	Tauchkante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandstärke 0,5 mm – 4,0 mm in Abständen von 0,1 mm</li> <li>• Wandstärke 4,0 mm – 8,0 mm in Abständen von 0,5 mm</li> </ul>
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 180 °C
<b>Anguss</b>	Filmanguss

<b>Nester</b>	1
<b>Oberfläche</b>	Hochglanzpoliert
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variotherme Temperierung</li> <li>• Negativ- / Positiv-Prägen</li> <li>• Schäumen mit CellMould® (Battenfeld)</li> <li>• Werkzeuginnendrucksensoren</li> </ul>

#### 5.4 „Stammwerkzeug“ für Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M

Das Stammwerkzeug wurde für Versuche des Schaumspritzgießens und des Folienhinterspritzens realisiert und kann verschiedene Einsätze aufnehmen. Es sind Einsätze vorhanden, mit denen die Plattenstärke von 2-4-6 mm auf 1-2-3 mm verändert werden kann. Zudem kann eine gewollte Bindenaht erzeugt werden. Weiterhin können Einsätze gefertigt werden, die eine andere Geometrie als die Platte (siehe unten) aufweisen. Das Werkzeug wird mit 2 Filmangüssen, die sich an der oberen und unteren Seite befinden, gefüllt. Mithilfe der Kaskaden-Steuerung lassen sich die beiden Nadelverschlussdüsen zeitversetzt öffnen bzw. kann das Anspritzen auch nur über einen Anguss realisiert werden. Dadurch kann sowohl eine geschäumte Platte oder auch eine gewollte Bindenaht hergestellt werden.

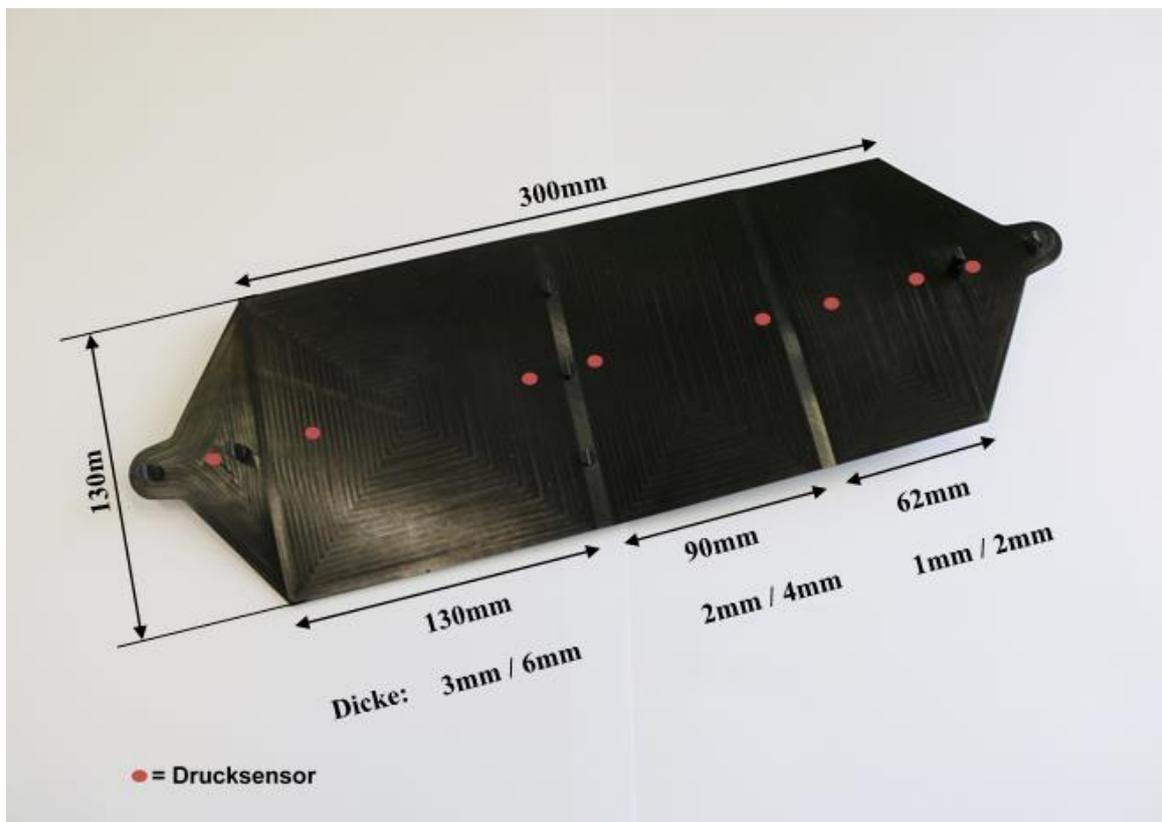


Abbildung 35: Bauteil „Stammwerkzeug“ mit Bemaßung

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	696 x 496 mm
<b>Formhöhe [mm]</b>	663 mm
<b>Spritzgießmaschine</b>	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M
<b>Oberfläche</b>	Strichpoliert
<b>Anguss</b>	2 x Filmanguss
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	Heißkanal (Nadelverschlussdüse)
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 160 °C
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandstärke 1-2-3 mm und 2-4-6 mm</li> <li>• Schäumen mit MuCell (Engel)</li> <li>• Temperatursensoren und Drucksensoren beidseitig</li> <li>• Folienhinterspritzen</li> <li>• Herstellen einer Bindeaht</li> </ul>

## 5.5 „2K-Wendeplattenwerkzeug“

Das 2K-Wendeplattenwerkzeug ist ein weiteres Stammwerkzeug für die *Engel-Mehrkomponentenanlage duo 1350H/1350M/450 COMBI M*. Es handelt sich hierbei um ein Chassis-Werkzeug, in welches verschiedene Einsätze eingebaut werden können, sodass kundenspezifische Einsätze möglich sind. Es ist mit einer kavitätsnahen Werkzeugtemperierung (konturnahe Flächentemperierung) und einer Tauchkante zum Prägen ausgestattet. In den Kavitäten befinden sich jeweils zwei Druck- und Temperatursensoren.

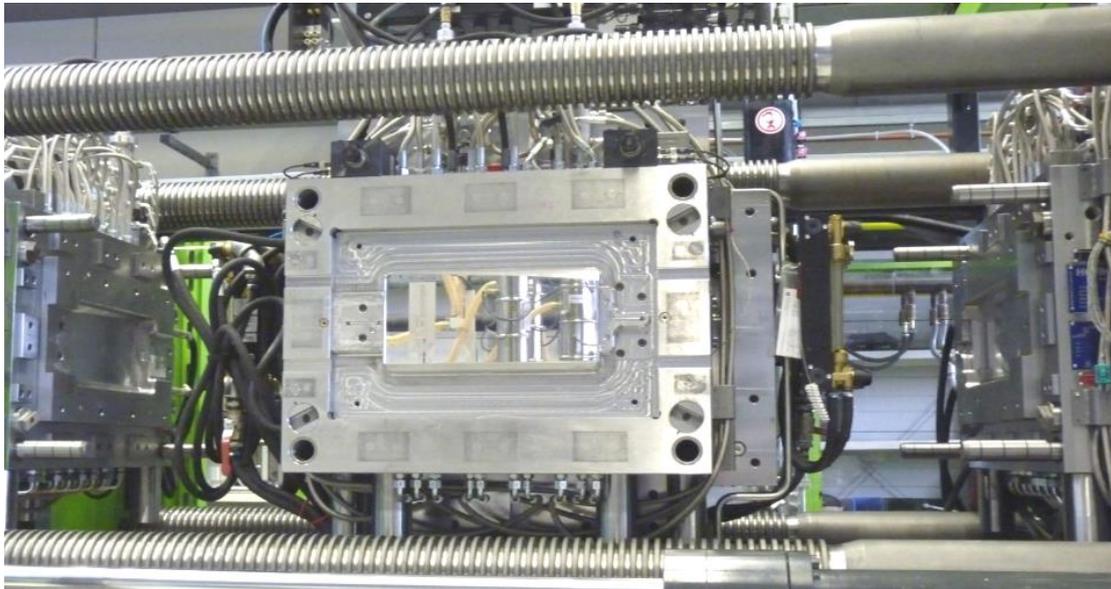


Abbildung 36: 2K-Wendeplattenwerkzeug

### 5.5.1 „2K-Plattenwerkzeug“

Der Standardeinsatz für das 2K-Wendplattenwerkzeug stellt eine 2K-Platte dar. Dieser Platteneinsatz hat eine Größe von 200 x 400 mm und besitzt vier genarbte Flächen und eine Hochglanzfläche auf der Oberfläche.

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	896 x 596
<b>Formhöhe [mm]</b>	904 (Vorspritzen), 685 (Fertigspritzen)
<b>Spritzgießmaschine</b>	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M
<b>Oberfläche</b>	Poliert und 4 Narbungen
<b>Anguss</b>	2 x Filmanguss
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	2 x Heißkanal
<b>Temperierung</b>	Wasser bzw. Dampf bis 200 °C
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konturnahe Flächentemperierung (Variotherm)</li> <li>• Tauchkante für Prägen/Schäumhub 1 bis 12 mm</li> <li>• Druck- und Temperatursensoren</li> <li>• Oberfläche mit Hochglanz und 4 Narbungen</li> </ul>

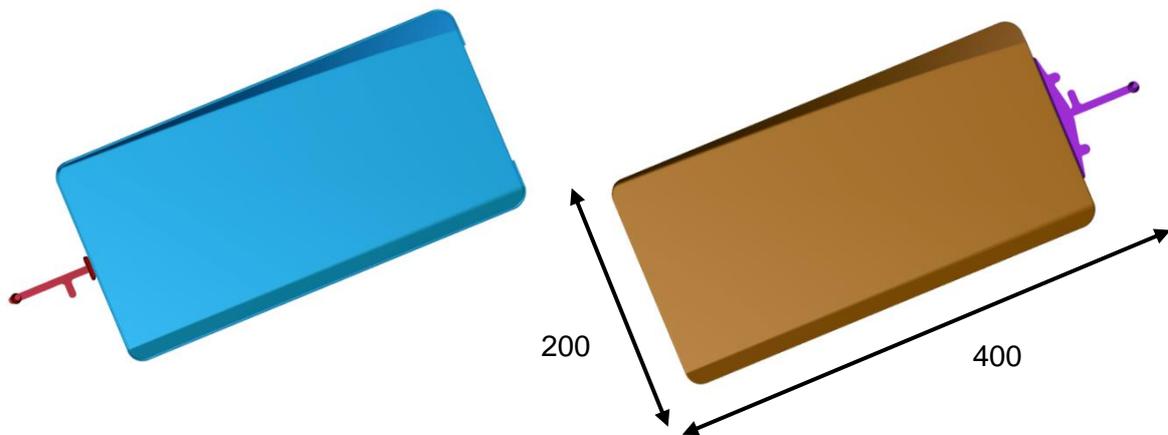


Abbildung 37: Probekörper des 2K-Wendplattenwerkzeugs; links: Vorspritzen (2 mm Wandstärke); rechts: Fertigspritzen (1 mm Ausgangswandstärke)

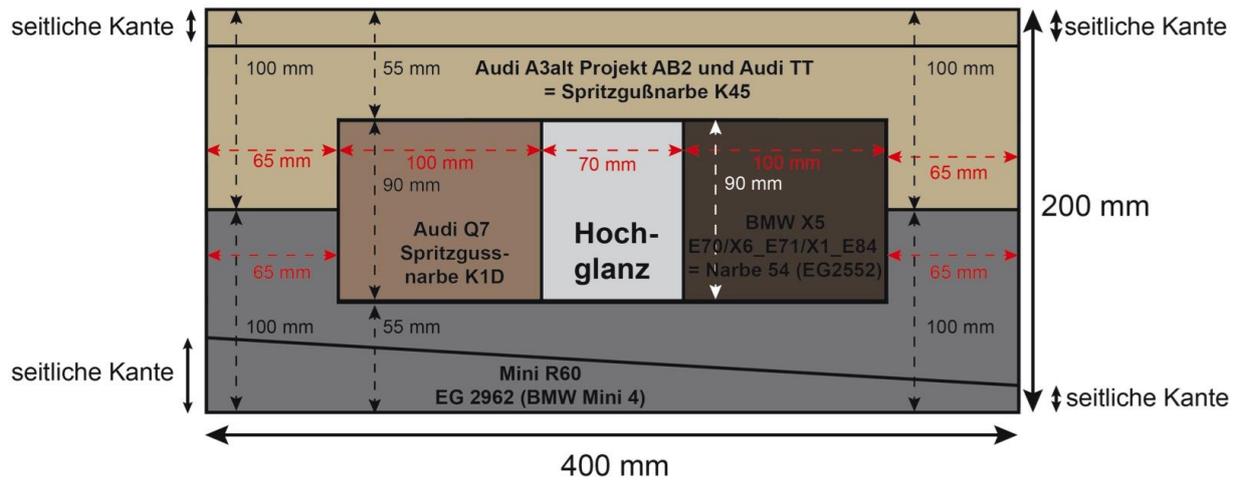


Abbildung 38: Oberfläche des 2K-Wendeplattenwerkzeugs mit drei Ledernarben, einer technischen Narbe und einer Hochglanzplatte

### 5.5.2 „Demobauteil Deckel Mittelarmlehne Mini R 60“

Dieser spezielle Einsatz für das Chassis des Wendeplattenwerkzeugs ermöglicht die Herstellung eines Deckels für eine Mittelarmlehne (Mini R 60). Es können Teile mit zwei Thermoplast-Komponenten (vorrangig harte Grundplatte und weiche oder geschäumte Oberflächenschicht) gespritzt werden. Die Trägerkomponente verfügt dabei über ein Scharnierelement und einen Schnapphaken auf der Unterseite und eine Verrippung auf der Oberseite (Rippenhöhe 8 mm). Beim Überspritzen mit der zweiten Komponente werden die Rippen mit Material überflutet, sodass auf der Oberseite der Weichkomponente eine genarbte Oberfläche entsteht. Beide Komponenten können mit atmendem Werkzeug geschäumt werden (Expansion 2 - 4 mm).

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	896 x 596
<b>Formhöhe [mm]</b>	904 (Vorspritzen), 685 (Fertigspritzen)
<b>Spritzgießmaschine</b>	Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M
<b>Oberfläche</b>	Narbung Mini R 60
<b>Anguss</b>	Tunnelanguss (Träger) und Filmanguss (Fertigspritzen)
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	2 x Heißkanal
<b>Temperierung</b>	Wasser bzw. Dampf bis 200 °C
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konturnahe Flächentemperierung beim Fertigspritzen (Variotherm)</li> <li>• Tauchkante für Prägen/Schäumhub auf beiden Seiten von 2 mm auf 4 mm</li> <li>• Druck- und Temperatursensoren</li> </ul>

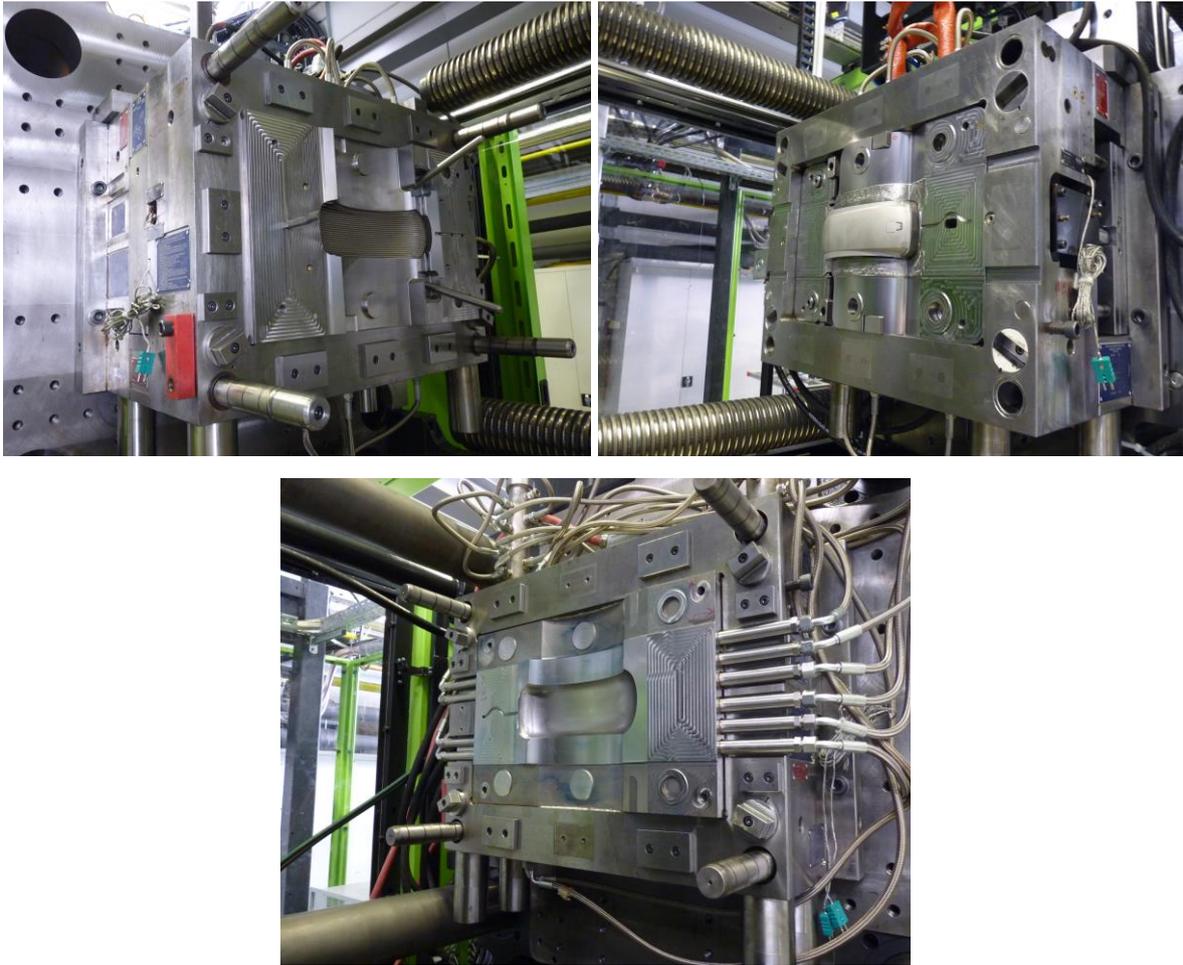


Abbildung 39: Werkzeug und Demobauteil des 2K-Wendeplattenwerkzeugs Deckel Mittelarmlehne  
Mini R 60

### 5.5.3 Kundenspezifische Einsätze

Da es sich bei dem 2K-Wendeplattenwerkzeug um ein Chassis-Werkzeug handelt, können für dieses Werkzeug kostengünstig kundenspezifische Einsätze gefertigt werden (siehe Abbildung 40)

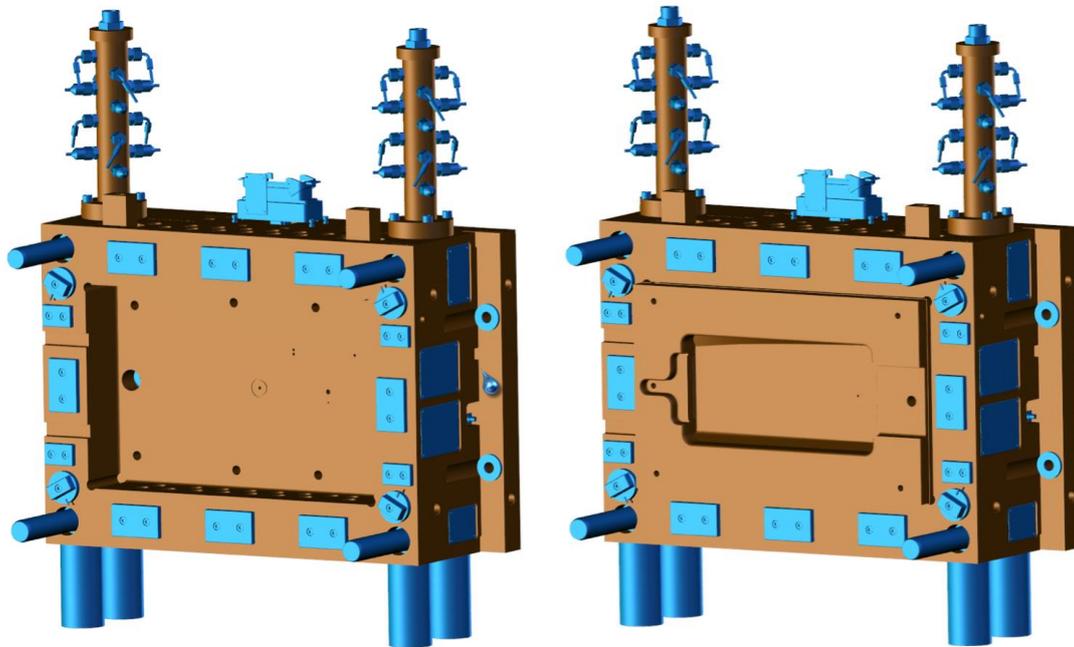


Abbildung 40: Aufbau des Chassis-Werkzeugs ohne Einsatz (links) und mit eingebautem 2K-Plattenwerkzeug (rechts)

### 5.6 „Tiefe Wanne“ Werkzeug

Die äußere Gestalt dieses Artikels ist einem Ladeluftkühler ähnlich und kann mit der entsprechenden Prüfvorrichtung auf Innendruckfestigkeit geprüft werden. Das Bauteil ist einseitig offen und wurde mit vier Längs- und fünf Querrippen versehen, um eine mechanische Versteifung zu erreichen. Die Grundwandstärke der Wanne beträgt 2 mm und die der Rippen 1,3 mm. Die Rippen haben mit einer Höhe von 10 mm das für eine Verstärkungswirkung benötigte Mindestmaß (Rippenhöhe entspricht dem 5-10 fachen der Bauteildicke). Über den angebrachten Flansch kann der Druckkörper im Innendrucktest eingespannt und dicht verschlossen werden. Zur Vermeidung von Bindnähten am Fließwegende wurde im Inneren des Bauteils eine Fließhilfe (Breite 30 mm, Höhe 0,7 mm) über der gesamten Bauteillänge angebracht. Das Werkzeug wurde mit einer Tauchkante zum Prägen und für einen Schäumhub von bis zu 7 mm ausgestattet. Das Heißkanalsystem wurde für die Verarbeitung von Langglasfasermaterialien ausgelegt.

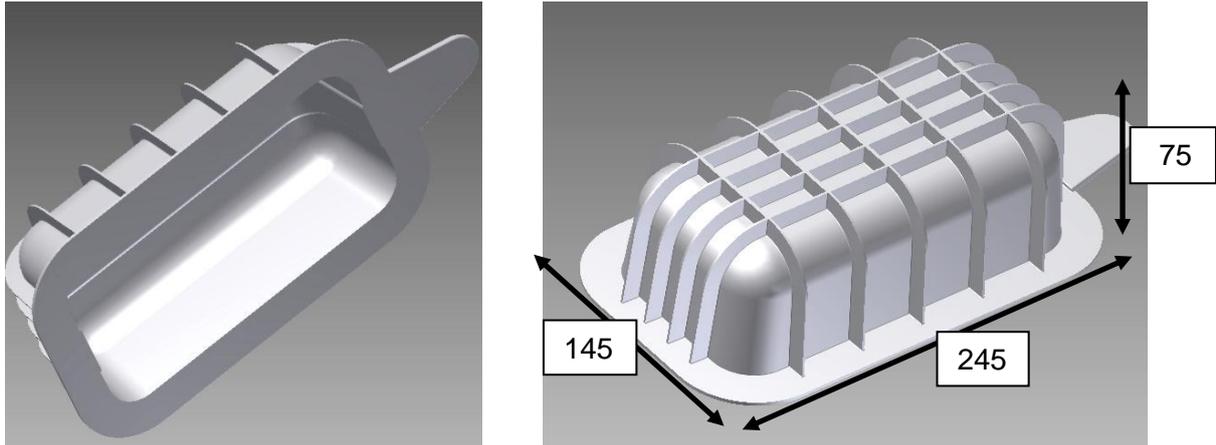


Abbildung 43: Probekörper „Tiefe Wanne“

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	500 x 545
<b>Formhöhe [mm]</b>	678 (Zentrierring 160 mm)
<b>Spritzgießmaschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M</li> </ul>
<b>Oberfläche</b>	gefräst
<b>Anguss</b>	Filmanguss
<b>Heißkanal/Kaltkanal</b>	Heißkanal speziell für Langglasfaser geeignet (Durchmesser HK 18 mm Nadelverschlussdüse 6 mm)
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 120 °C
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konturnahe Kühlkanäle</li> <li>Tauchkante für einen Schäumhub bis 7 mm (TSG, MuCell)</li> <li>Prägehub</li> <li>Druck- und Temperatursensorik: angussnah und am Fließwegende</li> <li>Wandstärken: min. 1,0 mm, max. 8 mm, Standard 2,0 mm, variabel über Unterlegplättchen.</li> </ul>

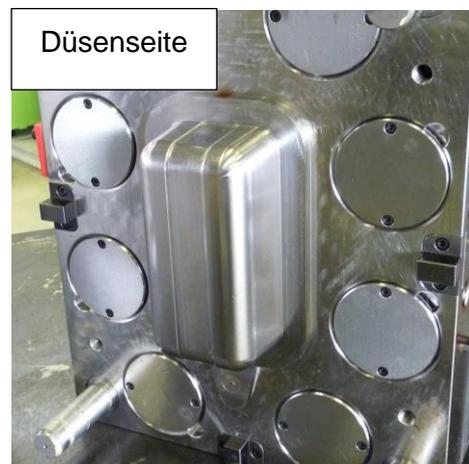


Abbildung 44: Werkzeug "Tiefe Wanne"

## 5.7 „Platte 500 mm x 200 mm“

Das Werkzeug „Platte 500 mm x 200 mm“ ist mit einer Tauchkante (Höhe 14 mm) ausgerüstet. Weiter kann eine Wandstärke von 1,5 mm bis 5,0 mm durch wechselbare Einsätze und ein Prägehub von bis zu 12 mm erreicht werden. Die Oberfläche ist Strichpoliert und die Platte wird mittig am Teil durch einen Stangenanguss angespritzt. Das Plattenwerkzeug ist darüber hinaus auch für Co-Injektion geeignet.

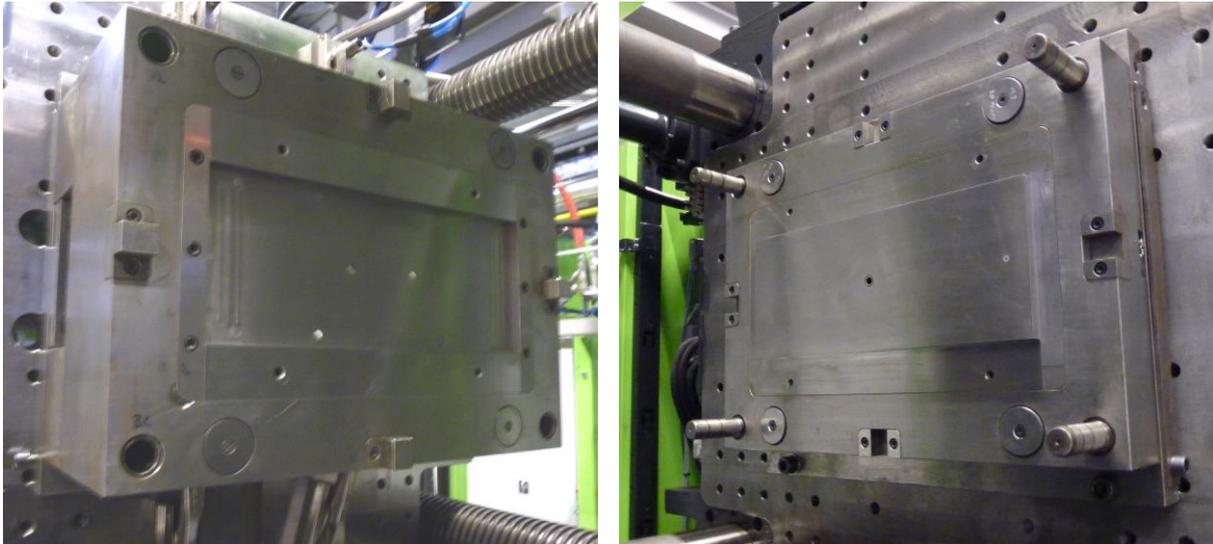


Abbildung 45: Bilder des Werkzeugs „Platte 500 mm x 200 mm“

<b>Abmessungen [mm] L x B</b>	600 x 700
<b>Formhöhe [mm]</b>	520 (Zentrierring 200 mm)
<b>Spritzgießmaschine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engel duo 1350H/1350M/450 COMBI M</li> </ul>
<b>Oberfläche</b>	Strichpoliert
<b>Anguss</b>	Stangenanguss (mittig)
<b>Temperierung</b>	Wasser bis 90 °C
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tauchkante 14 mm</li> <li>Prägehub verstellbar (Wandstärke 1,5/ 2,0/ 3,0/ 4,0/ 4,5/ 5,0 mm)</li> <li>Drucksensorik (angussnah und angussfern)</li> <li>Geeignet für Co-Injektion</li> </ul>

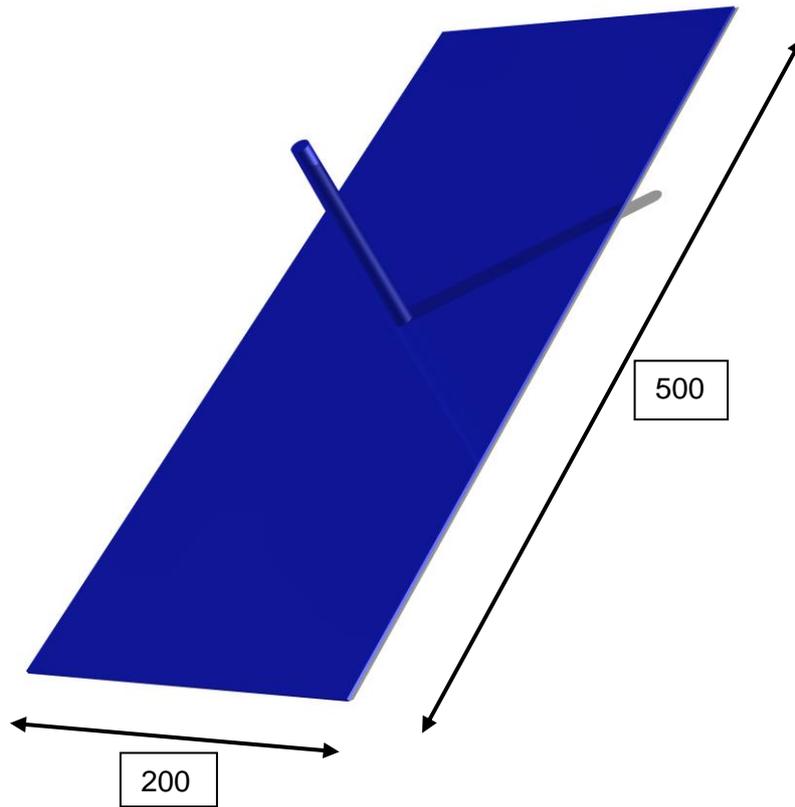


Abbildung 46: Abmessungen Platte 500 mm x 200 mm

## 6 Weitere Anlagen im Technikum

### 6.1 Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Lauffer

Die Heizpresse ermöglicht die Herstellung gepresster Bauteile und Probekörper, sowie die Prozessentwicklung für Pressverfahren. Für Werkstoffuntersuchungen können thermoplastische Kunststoffe z.B. in Plattenform gepresst werden, woraus anschließend Probekörper entnommen werden können. Außerdem wird die Anlage zur Entwicklung und Parameterfindung für Pressverfahren im Labormaßstab verwendet. Die gewonnenen Erkenntnisse können anschließend auf Anlagen im Industriemaßstab übertragen werden.

Die Anlage verfügt über eine präzise Presskraftregelung, sowie Heizung und Kühlung für die Aufspannplatten, wobei auch vorgegebene Temperaturprofile abgefahren werden können. Als Ergänzung für die Presse steht ein externer Umluftofen zur Verfügung, womit z.B. thermoplastische Composite-Halbzeuge konvektiv erwärmt werden können um anschließend den Pressvorgang durchzuführen.



Abbildung 47: Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Lauffer

Technische Daten Lauffer Heizpresse	
<b>Schließkraft [kN]</b>	1250
<b>Werkzeugaufspannplatten [mm]</b>	762 x762
<b>Presshub [mm]</b>	385
<b>Schließeinheit</b>	Hydraulisch
<b>Max. Heiztemperatur [°C]</b>	300

### 6.1.1 „Plattenwerkzeug 210 mm x 210 mm“

<b>Abmessungen [mm]</b>	435 x 435
<b>Formhöhe [mm]</b>	95
<b>Maschine</b>	Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Laufer
<b>Oberfläche</b>	Strichpoliert
<b>Besonderheiten</b>	Tauchkante bis 28 mm Teiledicke

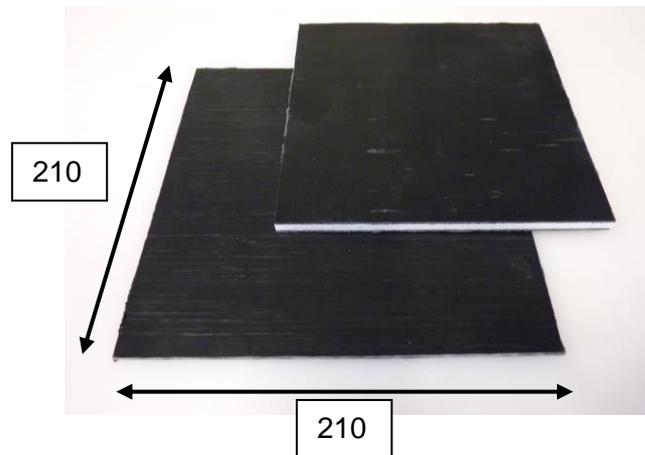


Abbildung 48: Werkzeug und Pressteile von Platte 210 mm x 210 mm

<b>Abmessungen [mm]</b>	395 x 395
<b>Formhöhe [mm]</b>	80
<b>Maschine</b>	Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Laufer
<b>Oberfläche</b>	Strichpoliert
<b>Besonderheiten</b>	Tauchkante bis 30 mm Teiledicke



Abbildung 49: Werkzeug Platte 300 mm x 300 mm

### 6.1.3 Stammwerkzeug „400 mm x 415 mm“

<b>Abmessungen [mm]</b>	400 x 415
<b>Formhöhe [mm]</b>	180
<b>Maschine</b>	Heizpresse Modell RMV 125/1 - Fa. Laufer
<b>Oberfläche</b>	Strichpoliert
<b>Besonderheiten</b>	Tauchkante bis 2 mm Teiledicke

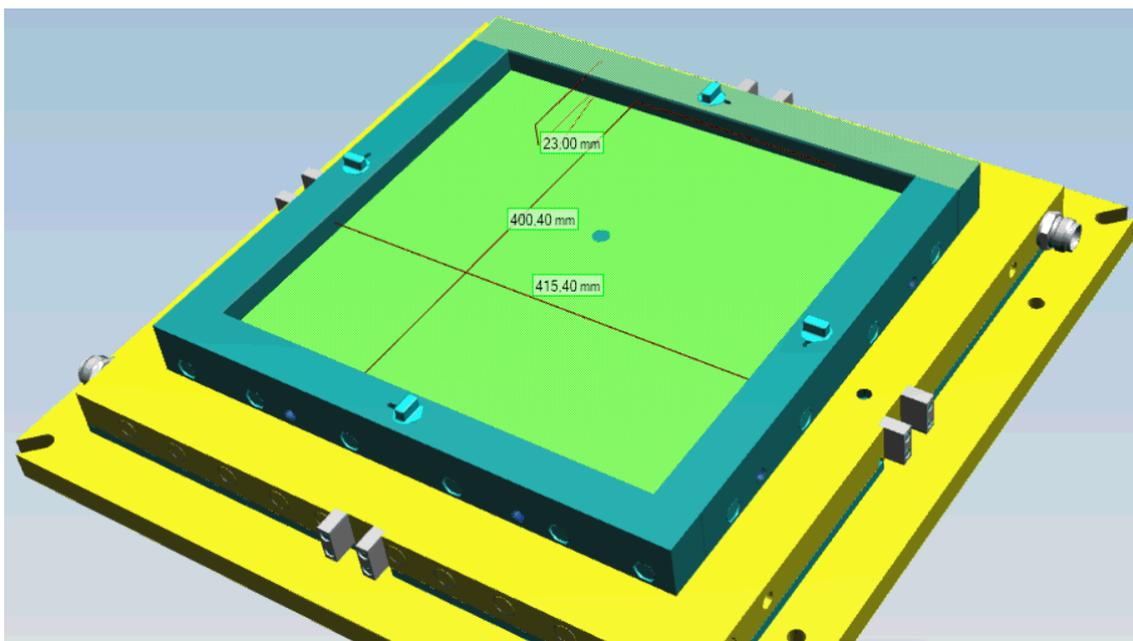


Abbildung 50: Stammwerkzeug „400 mm x 515 mm“

### 6.1.4 „Werkzeug Stufenwanne“



Abbildung 51: Werkzeug "Stufenwanne"

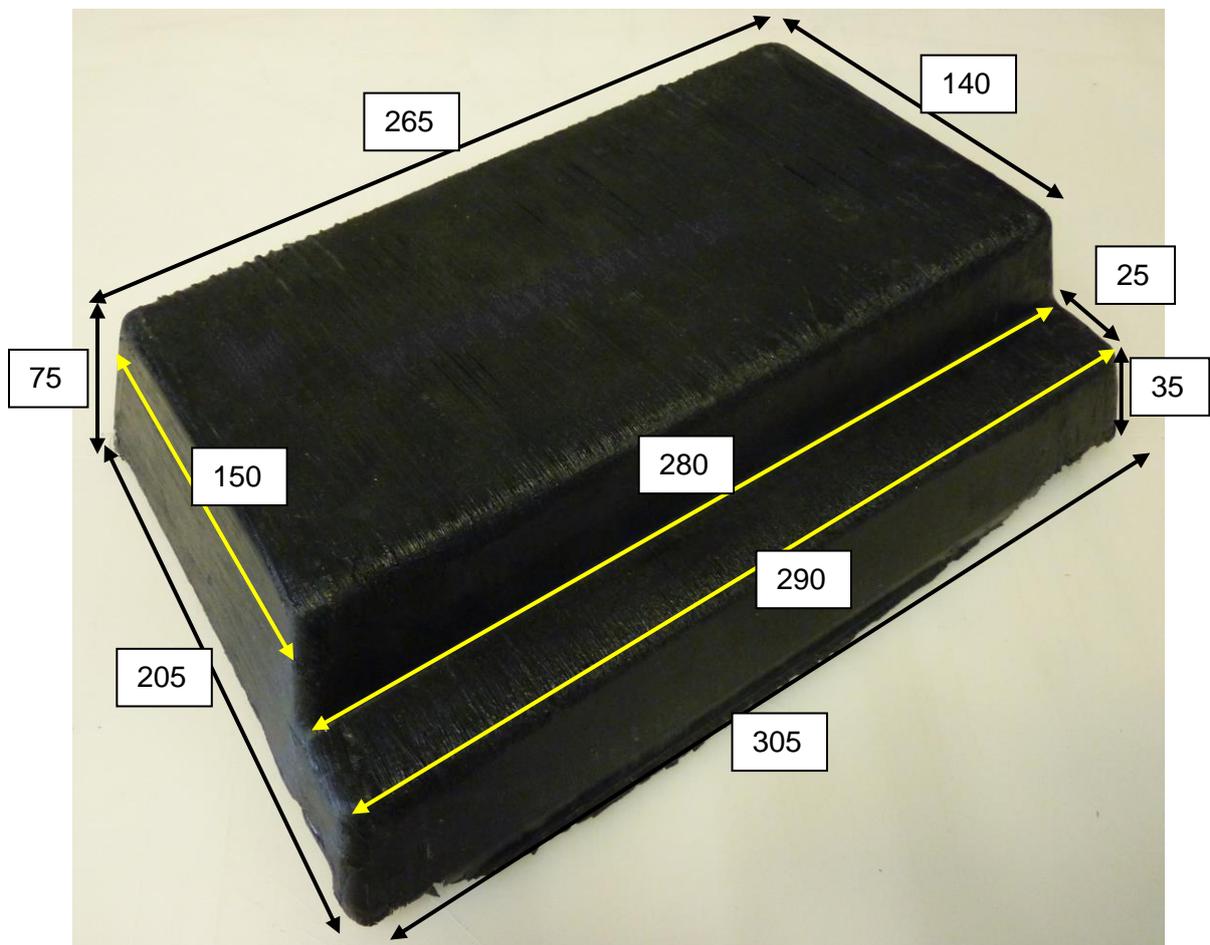


Abbildung 52: Pressteil (PP – GF) aus Werkzeug Stufenwanne

## 6.2 Hochtemperaturpresse WKP 6000 S – Fa. Wickert

Die mit verschiedenen Temperiertechnologien bis 500 °C ausgestattete 600 t Presse ermöglicht die Verarbeitung von faserverstärkten Hochtemperaturkunststoffen, wobei sowohl eine Laminatkonsolidierung als auch das Thermoforming von Organoblechen möglich ist. Darüber hinaus ist die Verarbeitung von geschäumten und metallischen Werkstoffen möglich, wodurch auch Hybridbauteile hergestellt werden können.

Die Anlage ist neben einem IR-Strahlerfeld, welches Bauteile auf eine Temperatur von bis zu 450°C vorheizen kann, mit einem Linearhandling ausgestattet, das die vorgewärmten Teile innerhalb weniger Sekunden dem Werkzeug zuführen kann. Durch extrem präzise und schnelle Schließbewegungen mit Schließgeschwindigkeiten bis zu 300 mm/s kann ein Auskühlen der vorgeheizten Bauteile verhindert werden.



Abbildung 53: Hochtemperaturpresse WKP 6000 S – Fa. Wickert.

Technische Daten Wickert Hochtemperaturpresse	
Schließkraft [kN]	6000
Werkzeugaufspannplatten [mm]	1250 x 1250
Presshub [mm]	1500
Schließeinheit	Hydraulisch
Schließzeit bis Maximalkraft [s]	4,2
Max. Heiztemperatur über Aufspannplatten [°C]	450
Vortemperierung	IR-Felder (1000 x 1000 mm)
Handling	Lineares Transfersystem
Dynam. Werkzeugtemperierung	Druckwassertemperiergerät bis 200 °C Öltemperiergerät bis 300 °C Induktives Temperiergerät RocTool bis 500 °C

### 6.3 Schneidmühle Dynamic D25.38s – Fa. Wanner



Abbildung 53: Schneidmühle Dynamic D25.38s

Das Recycling von Kunststoffformteilen zum Wiederverwenden in der Polymermasse als Ausgangsmaterial im Spitzguss, oder auch zur Rückgewinnung von Füllmaterialien, ist nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch von immer höherwerdender Relevanz. Allen voran müssen hierfür stets Versuche zu lebenszyklusbedingten Veränderungen und gegebenenfalls Optimierung der verarbeitungs- und anwendungsrelevanten Eigenschaften erfolgen, um eine erfolgreiche Wiederverwendung zu ermöglichen. Zur Regranulierung von Kunststoffformteilen dient die Schneidmühle Dynamic der Firma Wanner. Verschiedenste Kunststoffklassen, aber auch Glas- und Kohlefaserverstärkte Materialien können

gleichmäßig und staubarm zerkleinert werden. Mit Hilfe der Schneidmühle ist es möglich, Bauteile, ob Ausschussteile aus der Produktion oder Abfallprodukte von Endverbrauchern, zu Granulatgröße zu zerkleinern und im Spitzguss zu Probekörpern oder Formteilen zu verarbeiten.

Technische Daten	
<b>Motorleistung</b>	7,5 kW
<b>Mahlraumöffnung</b>	250 mm x 385 mm
<b>Rotordrehzahl</b>	330 U/min
<b>Rotormesser</b>	18 Stück (9+9)
<b>Statormesser</b>	2 Wendemesser
<b>Siebloch</b>	4, 6 und 8 mm
<b>Durchsatz*</b>	120-200 kg/h

*\*Der Durchsatz gilt für Standardmaterialien wie z. B. PA, ABS und stellt einen Richtwert dar*

## 7 Kontakt und Ansprechpartner

Neue Materialien Bayreuth GmbH  
Gottlieb-Keim-Straße 60  
95448 Bayreuth

Tel. +49 (0) 921 507 36 0

Fax +49 (0) 921 507 36 199

Internet: <http://www.nmbgmbh.de>

### Teamleiter Faserverbunde & Spritzgießen:

Dipl.-Ing. Robin Fachtan

Tel. +49 (0) 921 507 36 210

E-Mail: [robin.fachtan@nmbgmbh.de](mailto:robin.fachtan@nmbgmbh.de)

### Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. Holger Ruckdäschel

Tel. +49 (0) 921 507 36 0

E-Mail: [holger.ruckdaeschel@nmbgmbh.de](mailto:holger.ruckdaeschel@nmbgmbh.de)

## Anfahrtsinformationen

### PKW:

1. Autobahn A9, Ausfahrt 42, „Bayreuth Süd“
2. Ausschilderung „Neue Materialien“ folgen

### Zug ab Hauptbahnhof Bayreuth

1. Bus zur Zentralen Omnibuszahltestelle ZOH
2. Buslinie 311 nach Bayreuth-Wolfsbach nehmen, bei Haltestelle „Meyernreuth“ aussteigen



Gebäude der Neue Materialien Bayreuth

Stand: 16.10.2023