

Spritzgießtechnologie @ „Polymer Engineering“



Verfahren, Spritzgießmaschinen und Werkzeuge

Neue Materialien Bayreuth GmbH
Gottlieb-Keim-Straße 60

95448 Bayreuth
Tel. +49 (0) 921 507 36 0
Internet: <http://www.nmbgmbh.de>

Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth
+49 (0) 921 55 7471
www.polymer-engineering.de

Inhaltsverzeichnis

1. „Polymer Engineering“	3
2. Spritzgießen (allgemein)	5
3. Spritzgießen Sonderverfahren	6
3.1 2-Komponenten Spritzgießen	6
3.1.1 Verbundspritzgießen (Drehteller, Drehkerne etc.).....	6
3.1.2 2K-Sandwich-Spritzgießen (Co-injektion)	6
3.1.3 Stack-Mould-Technik	7
3.2 Thermoplast Schaumspritzgießen (TSG).....	8
3.2.1 Gasgegendruckverfahren (GGD).....	10
3.3 Variothermverfahren	11
3.4 Spritzgieß-Compoundierung (IMC)	13
3.5 Mikrospritzgießen.....	14
3.6 Prägen	15
3.6.1 Negativ Prägen (Atmen, Lüften).....	16
3.7 Verbundspritzgießen von Hart-Weich-Verbunden via Drehtellertechnik.....	17
4. Spritzgießmaschinen	18
4.1 Engel E-MAC 170/50	18
4.2.1 KraussMaffei Multiinject 65/180/55 CX V	19
4.2.2 Elmet Dosier- und Mischsystem.....	20
4.3 KraussMaffei Spritzgießcompounder 1400/200 C2.....	21
4.4 Engel DUO/1350H/1350M/450 COMBI M.....	22
4.5 Engel Spritzpresse ESP V-DUO 4400H/4400H/2500 V.....	23
4.6 Battenfeld HM110/525	25
4.7 Übersichtstabelle Spritzgießmaschinen (Maschine + Sonderverfahren).....	26
5. Spritzgießwerkzeuge.....	27
5.1 Kassettenwerkzeug mit Wechselkassetten	27

5.1.1 „Campus-Zugstab“	28
5.1.2 „Klein-Zugstab“	29
5.1.3 „Mini-Zugstab“	30
5.1.4 „Prüfstab“ 4 mm	31
5.1.5 „Prüfstab“ 2 und 3 mm	32
5.1.5 „Stäbe für Flammenschutztest“	33
5.1.6 „Platte 60 x 60 mm“	34
5.1.7 „Platte 70 x 70 mm“	35
5.1.8 „Platte 80 x 80 mm“	36
5.1.9 „Platte 100 x 100 mm“	37
5.1.10 „Plättchen unterschiedlicher Wandstärke“	38
5.1.11 „KIC-Platte“	39
5.1.12 „Haze-Scheiben“	40
5.1.13 „Fließspirale“	41
5.1.14 „Spritzgießrippen“	42
5.2 Multiprobekörperwerkzeug	43
5.3 Cellject Werkzeug	45
5.4 2K-Wendeplattenwerkzeug	47
5.4.1 2K-Plattenwerkzeug	48
5.4.2 Demobauteil Deckel Mittellarmlehne Mini R60	49
5.4.3 Kundenspezifische Einsätze	51
5.5 Tiefe Wanne Werkzeug	52
5.6 2K-Werkzeug für Thermoplast - Silicon - Verbunde	54
5.7 1K-Werkzeug 500 mm x 200 mm	56
6. Weitere Anlagen im Technikum	58
6.1 Heißpresse Fa. Laufer Model RMV 125/1	59
6.1.1 Plattenwerkzeug 210 mm x 210 mm	60
6.1.2 Plattenwerkzeug 300 mm x 300 mm	60
6.1.3 Werkzeug Stufenwanne	60
7. Kontakt und Ansprechpartner	62

1. „Polymer Engineering“

„Polymer Engineering“ – das bedeutet: mit praxisnaher wissenschaftlicher Forschung an modernen Polymerwerkstoffen innovative, leistungsfähige Kunststoffprodukte zu entwickeln. Um dieses Ziel zu erreichen, arbeiten unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. V. Altstädt drei kompetente Institutionen zusammen:

- der Lehrstuhl Polymere Werkstoffe der Universität Bayreuth
- der Geschäftsbereich Kunststoffe der Neue Materialien Bayreuth GmbH
- und die Abteilung Polymer Engineering der TuTech Innovation GmbH in Hamburg.

Die Schwerpunkte der Forschung liegen auf dem Werkstoff, der Konstruktion und der Fertigung mit Kunststoffen. Die Entwicklungsstrategie besteht in der Analyse und Nutzung von Wirkungsbeziehungen zwischen Verarbeitung, Morphologie und Eigenschaften der Polymerwerkstoffe.

Die im Jahr 2000 im Rahmen der High Tech Offensive Bayern gegründete Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB) ist seit Mitte 2009 eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung, die sich für die Werkstoffe Kunststoffe und Metalle mit anwendungsnaher Entwicklung von effizienten Fertigungsverfahren, prozessbezogener Materialwissenschaft sowie der Analytik von Werkstoffen beschäftigt. Hierfür stehen moderne Laboratorien und industrienah ausgestattete Technika zur Verfügung. Durch die enge Kooperation zur Universität Bayreuth können umfangreiche werkstoffbezogene Analyseaufgaben übernommen werden. Unsere Fachleute gewährleisten eine fundierte Betreuung von Praktikanten und Diplomanden. Eine Zusammenarbeit mit NMB kann mit regionalen und überregionalen Firmen sowohl in direkter Kooperation als auch im Rahmen von Kooperationsprojekten erfolgen.

Im Bereich Kunststoffe der Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB) liegt der Fokus auf geschäumten und faserverstärkten Thermoplasten, Hochleistungsverbundwerkstoffen sowie auf Partikelschäumen. Die strategische Vorgehensweise umfasst die Abbildung der gesamten Prozesskette von der Materialauswahl- und -modifikation, über die Kunststoffverarbeitung bzw. -formgebung, der Strukturaufklärung bis hin zur Eigenschaftsanalyse. Ziel ist es, dem Anwender einen angepassten Werkstoff, einen robusten Fertigungsprozess und prognostizierbare Eigenschaften an die Hand zu geben.

Ein Fokus im Arbeitsgebiet Spritzgießen liegt im Bereich Schaumspritzgießen von Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren mit chemischen oder physikalischen Treibmitteln. Neuester Zugang im Anlagenpark von NMB ist eine hochmoderne 2K-Spritzgießmaschine Typ *Engel DUO 1350H/ 1350M/ 450 Combi* mit vertikaler Wendeplatte. Die Maschine verfügt über zahlreiche Ausstattungsmerkmale, die einen Einsatz in einem breiten Spektrum der Kunststofftechnik ermöglichen. So kann die Spritzgießmaschine sowohl als 1K- als auch als 2K-Anlage zum Schaumspritzgießen, Spritzprägen sowie für Variotherm®-fähige Werkzeuge genutzt werden. Es ist eine Material- und Werkzeugentwicklung mit kleinen

Mustermengen bis hin zur Formteilmontage im Prototypenmaßstab möglich. Die Weiterentwicklung moderner Werkzeugtechnik mit variothermer Kavitätstemperierung 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. Eine weitere Anlage stellt der sog. Spritzgieß-Compounder (IMC) dar. Hiermit ist die Aufbereitung von maßgeschneiderten Rezepturen auf einer speziellen Spritzgießmaschine mit einem Doppelschneckenextruder als Compoundiereinheit möglich, was enormes technisches als auch wirtschaftliches Potential bei der Herstellung von Formteilen bieten kann. Der Einsatz von günstigen Ausgangsstoffen und die Compoundierung direkt auf der Spritzgießmaschine ermöglicht die Herstellung von Formteilen aus langfaserverstärkten Thermoplasten, aus Hoch- oder Nanopartikel-gefüllten Werkstoffen sowie aus Polymerlegierungen (Blends). Aufgrund der Verarbeitung der Materialien in „erster Wärme“ bietet der IMC die ideale Basis für effizientes Materialscreening und eine sehr schnelle Rezepturentwicklung für Polymerblends, sowie für gefüllte und verstärkte Compounds.

Das Arbeitsgebiet Partikelschäume fokussiert auf die Entwicklung neuer Partikelschaumstoffe, die energetische Optimierung des Fertigungsprozesses sowie auf die Oberflächentechnik (Vorbehandlung, Lackierung und Kaschierung). Anlagentechnische Basis sind diverse Autoklaven bzw. eine Unterwassergranulierung zur Partikelherstellung sowie ein Industrie-Formteilautomat mit moderner sensorischer Messwerterfassung. Mit Hilfe von Druckbelastungsanlagen und Temperöfen lässt sich die gesamte Prozesstechnik bei der Verarbeitung von Partikelschäumen abbilden. Modular konfigurierbare Versuchswerkzeuge dienen zur Materialerprobung und Probekörperherstellung von dünnen Platten im Maßstab DIN A4 bis hin zur Blockware mit 300 mm Dicke.

Das Gebiet der Hochleistungs-Verbundwerkstoffe umfasst sowohl duroplastische als auch thermoplastische Matrices. Die Schwerpunkte für reaktive Systeme sind Härtungskinetik, Zähigkeitsverbesserung und Flammenschutz rund um die Technologie der Harzinjektion mittels RTM. Der Schwerpunkt für thermoplastische Verbundwerkstoffe liegt in der Kombination von Presstechnik mit etablierter Spritzgießtechnik. Eine vertikal schließende 2500 t Presse mit Spritzeinheiten bietet am März 2011 die ideale Basis von der Prozessentwicklung bis hin zum Prototypenmaßstab.

Für Extrusionaufgaben steht ein gut ausgestattetes Extrusionstechnikum zur Verfügung. Dies beinhaltet eine Flachfolienextrusionsanlage zur Herstellung von Schaumfolien bzw. Blockschäumen sowie modular kombinierbare Compoundieranlagen zur Granulatherstellung mit einem Durchsatz von 1 kg/h bis zu 50 kg/h.

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 ab Januar 2011 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 also auch große Teile wie Mülltonnen oder Stoßfänger für Kraftfahrzeuge hergestellt werden. In den meisten Fällen ist keine Nacharbeit an den gefertigten Formteilen erforderlich.

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.

Die zum Herstellen eines Formteils erforderlichen Schritte laufen vollautomatisch ab, sie bilden den Zyklus mit den entsprechenden Zykluszeiten, während sich der periodisch ablaufende Fertigungsablauf vollzieht.

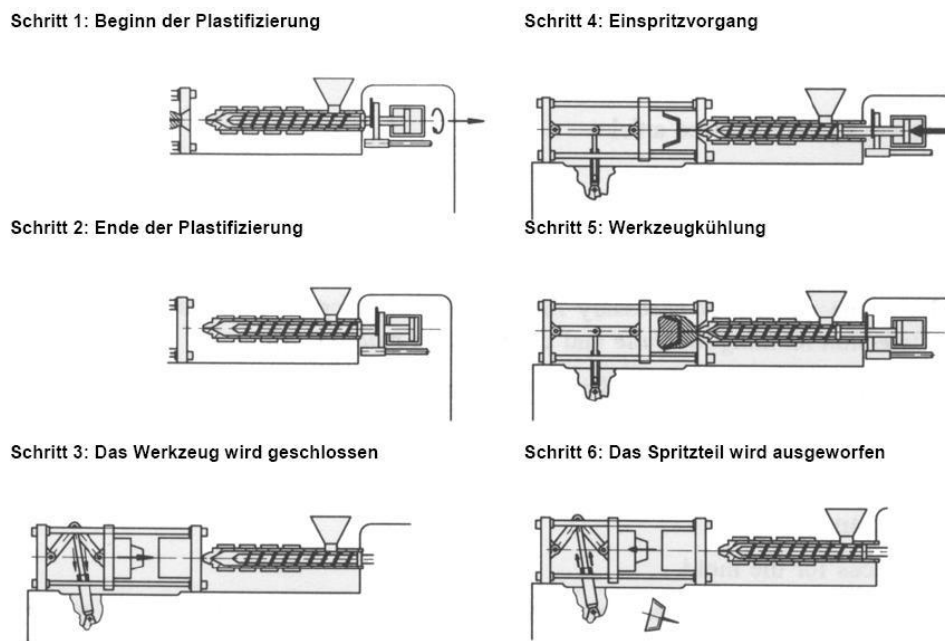


Abb. 1: Zyklus einer Spritzgießmaschine (Quelle: Pötsch/Michaeli – Molding S.3)

Dem Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe und die Neue Materialien Bayreuth GmbH, stehen im Bereich Kunststoffverarbeitung eine Vielzahl von Spritzgießmaschinen zur Verfügung. Der Schließkraftbereich des Maschinenparks reicht von 50 bis zu 450 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 Standard Spritzgießen diese Anforderungen immer weniger befriedigen. Die Sonderverfahren des Spritzgießens gewinnen daher immer mehr an Bedeutung zu.

Die Aufgabe des Verarbeiters ist es, aus der Vielzahl der möglichen Verfahren ein Anforderungs-gerechtes auszuwählen, das unter technischer sowie wirtschaftlicher Sicht die optimale Lösung darstellt.

Der Neue Materialien Bayreuth GmbH liegen einer Vielzahl von Sonderverfahren zur Verfügung, die wie folgt kurz erklärt werden.

3.1 2-Komponenten Spritzgießen

Unter 2-Komponenten Spritzgießen, oder allgemein dem Mehrkomponentenspritzgießen, versteht man das sequentielle Zusammenführen mehrerer Schmelzen während des Einspritzvorgangs in einem Werkzeug. Dabei können die Schmelzen ineinander oder gegeneinander geführt werden. Zum besseren Verständnis werden Unterbegriffe wie Sandwich, Coinjection, 2K-, 3K-, Mehrschicht oder Overmoulding hinzugesetzt.

3.1.1 Verbundspritzgießen (Drehteller, Drehkerne etc.)

Das Verbundspritzgießen ist das Aneinanderspritzen von zwei unterschiedlichen Schmelzen. Dabei kann das Material aus verschiedenen Materialien oder unterschiedlichen Einfärbungen sein. Im Wesentlichen gibt es zwei Gruppen, die man in drehende Werkzeugsysteme wie z. B. Drehteller, Drehwerkzeug, Drehkerne, Umsetztechnik oder in nicht drehende Werkzeugsysteme wie z. B. der Core-Back-Technik einordnet.

3.1.2 2K-Sandwich-Spritzgießen (Coinjektion)

Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung von Kunststoffformteilen mit dreischichtigem Aufbau. Die beiden Komponenten werden dabei so ineinander gespritzt, dass die Kernkomponente an dem Bauteil vollständig von einer Hautkomponente eingeschlossen ist. Kern- und Hautkomponente können aus verschiedenen Polymeren bestehen. Der prinzipielle Verfahrensablauf ist in Abb. 2 dargestellt.

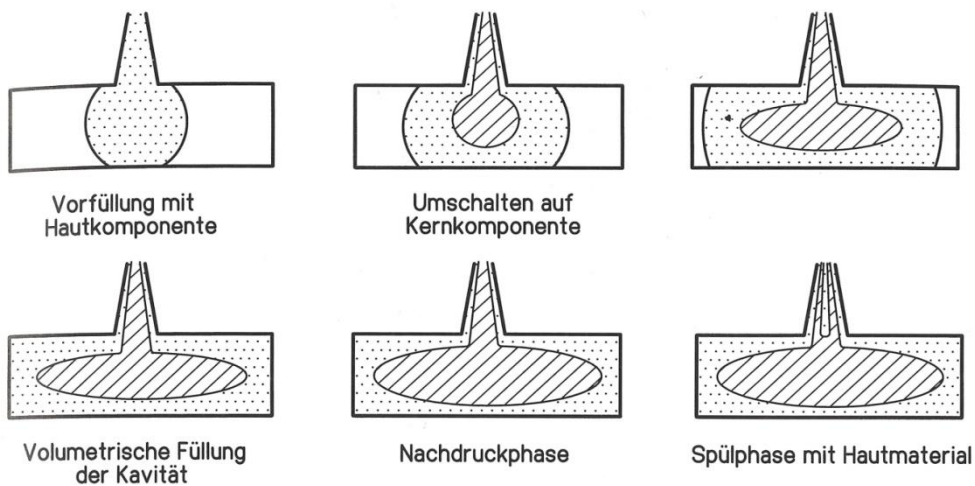


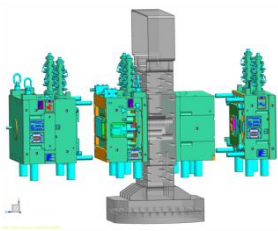
Abb. 2: Darstellung des 2K-Verfahrensablaufs (Quelle: Johannaber/Michaeli – Handbuch Spritzgießen S.529)

Der erste Schritt ist eine Teilfüllung der Kavität mit dem Hautmaterial. Daraufhin erstarrt das Material an der gekühlten Kavitätswand und bildet eine Wand aus. Durch diesen Vorgang kann das nachfolgende Kernmaterial nur noch das schmelze-flüssige Hautmaterial im Inneren verdrängen und einen Kern ausbilden. Nach der volumetrischen Füllung der Kavität beginnt die Nachdruckphase. Der Nachdruck wird dabei entweder direkt über das Kernmaterial aufgebracht oder dem Kernmaterial wird ein chemisches oder physikalisches Treibmittel beigemischt um den Nachdruck zu ersetzen. Zuletzt wird das Angussystem durch Spülen mit dem Hautmaterial vom Kernmaterial befreit.

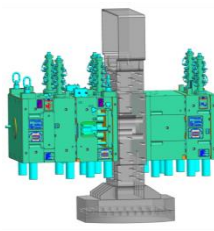
Die 2K-Sandwich-Spritzgießmaschinen entsprechen den Kompakt-Spritzgießmaschinen auf der Schließseite, unterscheiden sich allerdings auf der Aggregatseite. Zum Einsatz kommen hier zwei Spritzaggregate, die meist parallel nebeneinander angeordnet sind und Beide über eine spezielle Düse mit unabhängig voneinander steuerbaren Verschlussdüsen für Kern- und Hautkomponente verbunden sind.

3.1.3 Stack-Mould Technik

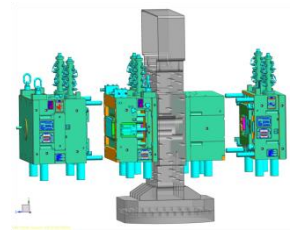
Bei diesen Drehwerkzeugen wird im Unterschied zum normalen Drehwerkzeug nicht eine Werkzeughälfte oder Platte, sondern eine mittlere Platte (Wendepatte) der Maschine gedreht. Die Formteile können mit diesem Spritzgießverfahren kostengünstig in einem Arbeitsgang produziert werden. Für die Herstellung der Formteile, wird dabei nur ein Werkzeug und eine Maschine benötigt. Folglich eine Darstellung des 2K Zyklus mit Wendepatte.



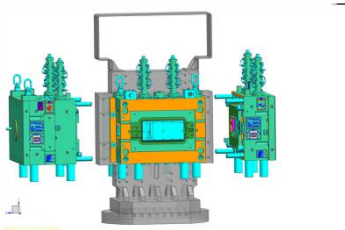
1. Werkzeug offen



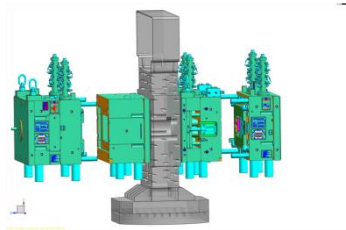
2. Werkzeug schließen/
Träger vorspritzen



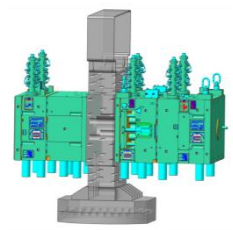
3. Werkzeug öffnen/
Träger bleibt auf Mittelplatte



4. Mittelplatte um 180° drehen



5. Werkzeug schließen



6. Fertigspritzen/
Werkzeug öffnen/
Auswerfen

Durch dieses Verfahren können besondere Anforderungen an Funktion, Haptik oder Design realisiert werden. So können z. B. Verbunde aus harten und weichen Materialien eine Vielzahl neuer Möglichkeiten bieten. Von der Weichkomponente werden die typisch elastischen Eigenschaften erwartet, wie z. B. federn und dämpfen oder Rutsch- und Abriebfestigkeit gewährleisten. Die Hartkomponente sollte steif und hochfest sein, um z. B. Krafteinleitung verformungsarm zu ermöglichen.

3.2 Thermoplast Schaumspritzgießen (TSG)

Im Thermoplast-Schaumspritzgießen-Verfahren (TSG) werden technische Formteile mit geschäumtem Kern und ungeschäumten Deckschichten, sogenannten Integralschäumen, gefertigt. Prinzipiell kann das TSG-Verfahren auf eine Vielzahl spritzgegossener Produkte angewendet werden. In der Plastifiziereinheit der Spritzgießmaschine wird der Schmelze ein chemisches oder physikalisches Treibmittel eingemischt, das durch die Schneckenrotation distributiv und dispersiv gemischt wird. Beim darauf folgenden Einspritzen des gasbeladenen Polymers wird gegenüber dem kompakten Spritzgießen nur ein reduziertes Dosiervolumen in die Kavität des Spritzgießwerkzeugs gefüllt. Da in der Kavität kein Druck anliegt, erfährt die Schmelze nach dem Verlassen der Maschinendüse einen rapiden Druckabfall, der im Polymer-Treibmittel System zur thermodynamischen Übersättigung des Polymers mit Treibmittel führt. Die darauf folgenden Schritte der Zellnukleierung und des Zellwachstums expandieren die Schmelze und bewirken die vollständige Füllung der volumetrisch unterfüllten Kavität. Die

Wärme der geschäumten Schmelze wird über das kalte Werkzeug abgeleitet, wodurch der Kunststoff abkühlt und die Schaumstruktur stabilisiert wird. Beim TSG-Verfahren wird kein Nachdruck benötigt, da die Abkühlgeschwindigkeit des Polymers durch das expandierende Treibmittel kompensiert wird. Die einzelnen Prozessschritte sind in Abb. 3 dargestellt.

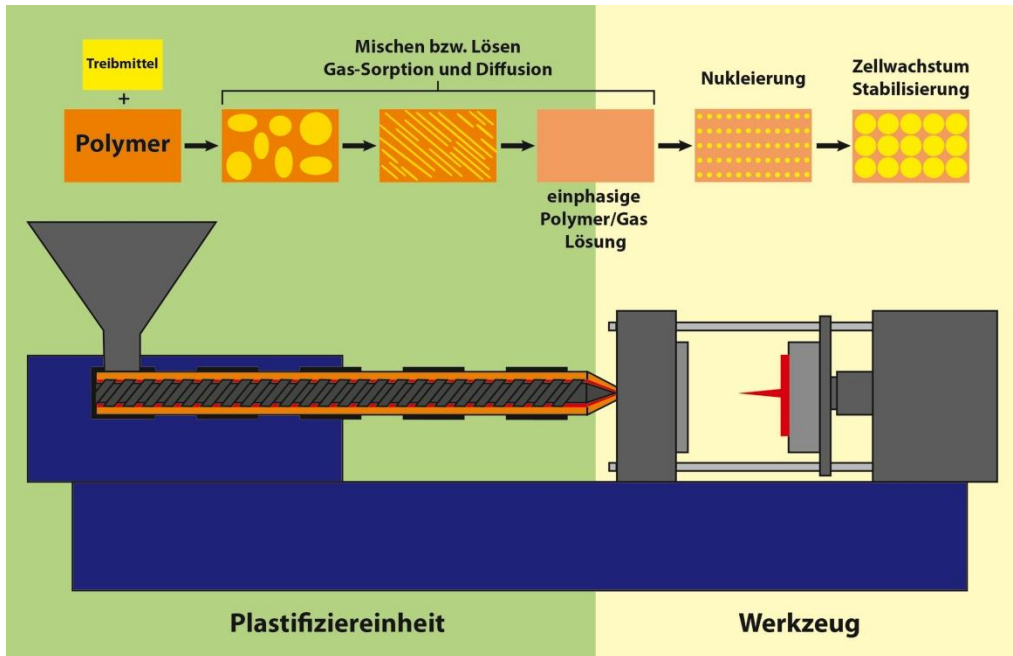


Abb. 3: Verfahrensablauf Schaumspritzgießen (Quelle: Mantay/Altstädt - Thermoplast Schaumspritzgießen)

Die homogene Einbringung des Treibmittels in definierter Menge ist die Voraussetzung für eine konstante Qualität der geschäumten Formteile. Die Methoden werden generell in Schäumen mit chemischen oder physikalischen Treibmitteln unterteilt.

Chemisch: Chemische Treibmittel in Form von Masterbatches können auf Standardspritzgießmaschinen mit Nadelverschlussdüse eingesetzt werden. Dabei werden 1 – 3 Gewichtsprozent Treibmittelmasterbatch mit dem zu schäumenden Kunststoffgranulat gemischt und über den Einzug der Plastifiziereinheit eingezogen. Die Wärmezufuhr während des Plastifiziervorgangs führt zur Zersetzung des chemischen Treibmittels und zur Freisetzung von Gasen. Entlang der Plastifiziereinheit vermeidet ein ansteigendes Temperaturprofil eine frühzeitige Gasfreisetzung und den Gasverlust über den Einzug. Die Dispergierwirkung der Schnecke und Staudrücke bis 100 bar gewährleisten die Lösung des Treibgases in der Polymerschmelze bis zur Maschinendüse.

Physikalisch: Das industriell am weitesten verbreitete Konzept ist das MuCell-Verfahren der Fa. Trexel, das auch bei der Neue Materialien Bayreuth GmbH eingesetzt wird. Bei diesem, durch Patente abgesicherte Verfahren, werden Treibmittel wie CO_2 oder N_2 im überkritischen Zustand während der Schneckenrotation in den Zylinder der Plastifiziereinheit bei L/D von 15 – 18 injiziert. Das überkritische Treibmittel wird mit einem konstanten Massenstrom zeitlich geregelt zugeführt und lässt sich bis auf 1/100 % genau dosieren. Eine spezielle

Mischschnecke mit zwei Rückstromsperren gewährleistet bei Staudrücken von 100 - 250 bar eine Verteilung und Lösung des Treibmittels bis zur Maschinendüse (vgl. Abb.).

In den meisten Anwendungen wird N_2 mit einem Gewichtsanteil < 1 Gew.-% als Treibmittel verwendet, da es Polymeren im Vergleich zu CO_2 bei gleicher Konzentration aufgrund seiner geringeren Löslichkeit höhere Schäumdrücke und höhere Dichtereduktionen ermöglicht. Das MuCell-Verfahren erfordert eine spezielle ausgestattete Spritzgießmaschine mit Gasdosierstation, Interface-Kit, Gasinjektoren, einer Mischsacke, hydraulischer Nadelverschlussdüse und einer aktiven Staudruckregelung.

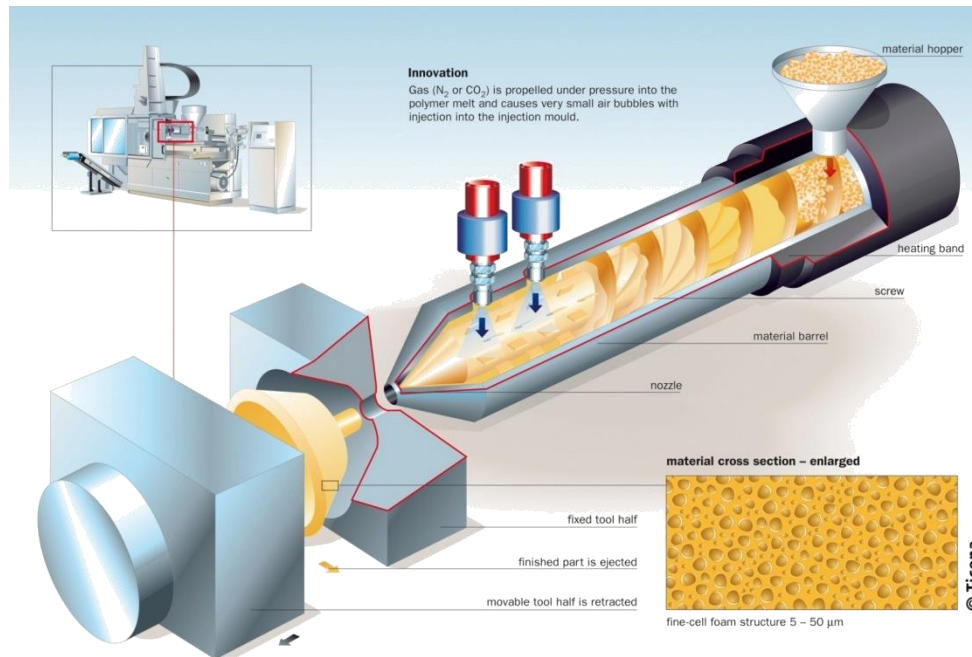


Abb. 4: Der MuCell-Prozess (Effects of the MuCell® Molding Process 2007)

3.2.1 Gasgegendruckverfahren (GGD)

Beim Schaumspritzgießen tritt in der Regel eine Veränderung der Oberflächengüte des Bauteils gegenüber dem ungeschäumten Zustand auf. Die Oberfläche geschäumter Teile ist mit sogenannten Silberschlieren überzogen, deren Intensität mit dem Werkstofftyp, der Höhe der Gasbeladung, der Geometrie und der Oberflächenstruktur variiert. Das Entstehen der Schlieren wird auf ein vorzeitiges Aufschäumen des Kunststoffes an der Schmelzefront während der Einspritzphase zurückgeführt. Durch Quellfluss werden diese kleinen Schaumbblasen an die Formteiloberfläche transportiert und eingefroren, wodurch die Oberflächenrauigkeit ansteigt und schließlich unregelmäßig und rau wirkt. Der Nachteil der TSG Bauteile ist also eine relativ raue Oberflächengüte, die meist durch Grundieren und Lackieren eingeglättet werden muss.

Die prinzipielle Idee beim GGD besteht darin, die Kavität vor dem Einspritzen mit Stickstoff oder Pressluft unter Druck zu setzen und die Schmelze gegen dieses Gaspolster in die Kavität zu spritzen. Bei ausreichend hohem Gegendruck wird das vorzeitige Aufschäumen an der

Schmelzefront vermieden und es entstehen geschäumte Formteile mit Schlieren freier Oberfläche. Die Herausforderung beim GGD besteht in der Abdichtung der Kavität und der geregelten Entlüftung des Gegendruckes zur Vermeidung von Brennern und Lufteinschlüssen.

Gasgegendruckverfahren mit, atmenden Werkzeug: Hierbei wird die Schmelze in ein Tauchkantenwerkzeug unter Gasgegendruck eingespritzt. Nach vollständiger Füllung wird das Werkzeug auseinandergefahren und das Treibmittel bläht die Schmelze in der noch schmelzeflüssigen Kernzone auf.

3.3 Variothermverfahren

Der angesprochene Nachteil einer rauen Oberfläche beim TSG Verfahren hat zu einer Reihe von Verfahrensvarianten geführt, wie z. B. dem Variotherm Verfahren. Bei dem 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 schmelzeflüssig, sodass hier keine blasenartigen Strukturen einfrieren und aufgerissen werden können (siehe Abb. 5).

Somit entstehen im Gegensatz zum reinen TSG Verfahren glatte Oberflächen.

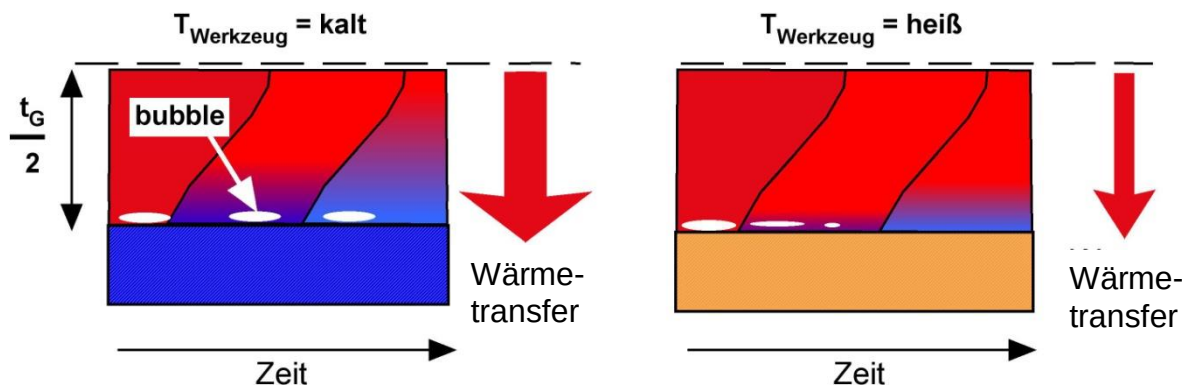


Abb. 5: Schematische Darstellung der Wärmeabfuhr beim Abkühlen des Spritzlings bei einem kalten bzw. heißen Werkzeug.

Das Variotherm-Verfahren strebt an die Abkühlung der Schmelze bzw. Erstarren erst dann einsetzen zu lassen, wenn die Kavität komplett gefüllt ist. Dazu muss das Werkzeug auf eine hohe Temperatur gebracht werden, bevor das Einspritzen erfolgt. Der Verfahrensunterschied im Vergleich zum konventionellen Spritzgießen wird schematisch in Abb. 6 dargestellt. Beim Variothermverfahren pendelt die Werkzeugtemperatur zwischen Werten unterhalb der Entformungstemperatur bis maximal zu Schmelzetemperatur. Dabei wird nicht nur der Füll- und Nachdruckvorgang deutlich beeinflusst, sondern auch die Eigenschaften der Formteile, wie Tabelle 1 zeigt.

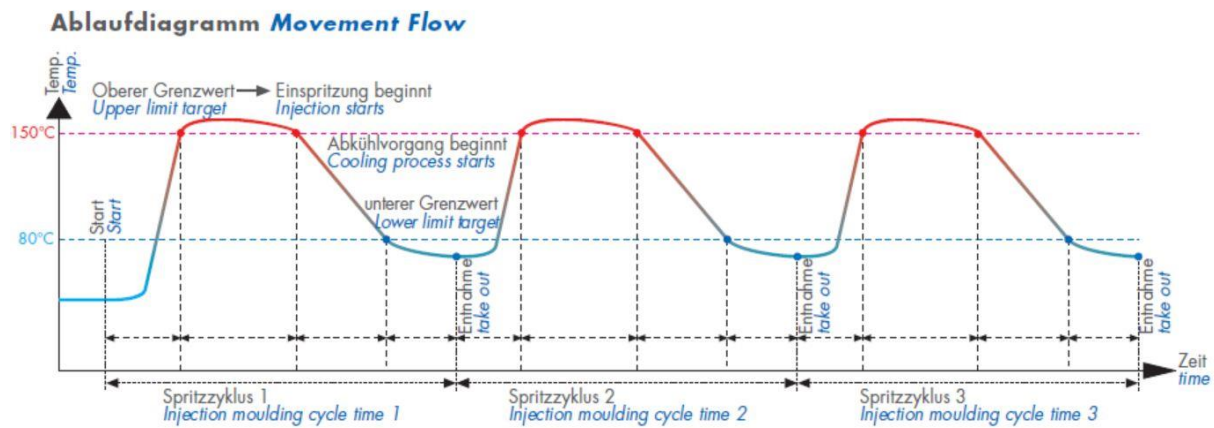


Abb. 6: Ablaufdiagramm des Variotherm Prozesses (Quelle: Werkzeugbau Siegfried Hofmann GmbH)

Tab. 1: Vorteile am Formteil bei hohen Werkzeugtemperaturen (Quelle: Michaeli – Handbuch Spritzgießen 2004)

Eigenschaft	Vorteil
Mechanik	• Höhere Kristallinität • Weniger Spannungen
Oberfläche	• Erhöhung des Glanzes • Vermeidung von sichtbaren Bindenähten • Verbesserte Oberflächenqualität für geschäumte bzw. faserverstärkte Teile (Sichtbereich) • Reduktion von Einfallstellen (längerer Nachdruck) • Abformung feinsten Strukturen (Mikro, Nano)
Geometrie	• Verbesserte Konturtreue • Weniger Nachschwindung
Füllverhalten	• Fließwege und dünne Wandstärken beim Dünnwand- und Mikrospritzgießen

Der Neue Materialien Bayreuth GmbH steht an der Spritzgießmaschine Engel DUO – 1350H – 1350M – 450 Combi M ein Dampfcontroller für variotherme Prozesse für Dampftemperaturen bis 250 °C und ein mobiles Variotherm-Gerät der Fa. Single (Abb. 7) zur Verfügung, dass an jede Spritzgießmaschine adaptiert werden kann. Mit diesem Temperiersystem lassen sich Temperaturen im Druckwasserbereich von bis zu 200 °C realisieren.



Abb. 7: Variotherm-Gerät der Fa. Single

3.4 Spritzgieß-Compoundierung (IMC)

Beim Maschinenkonzept des Spritzgieß-Compounders (engl. Injection Moulding Compounder (IMC)) wird ein dichtkämmernder Doppel-Schneckenextruder zur Aufbereitung mit einem Kolben-Einspritzsystem und einer Schließereinheit einer gängigen Spritzgießmaschine vereint. Die Verbindung eines kontinuierlich arbeitenden Doppelschneckenextruders mit einer diskontinuierlich laufenden Maschineneinheit erfolgt durch Integration eines Schmelze-Zwischenspeichers. Die gleichläufigen Schnecken können über die Auswahl diverser Schneckenelemente und angepasster Drehzahl auf verschiedenste Homogenisier- und Mischaufgaben angepasst werden, so dass eine gleichmäßige Compound Qualität bereitgestellt werden kann.

Auf diese Weise können Fasern, Füll-, Verstärkungsstoffe sowie Additive effizient in polymere Matrixsysteme eingearbeitet und in erster Wärme zu Bauteilen verarbeitet werden. Die Reduzierung von Faserbruch bei der Inkorporation von Endlosglasfasern erlaubt die Aufbereitung und Formgebung von langfaserverstärkten Thermoplasten. Im spritzgegossenen Bauteil werden schließlich erheblich größere Restfaserlängen als bei konventionellem Langfaserspritzguss erzielt, wodurch exzellente mechanische Eigenschaften erreicht werden.

Neue Materialien Bayreuth steht ein IMC-Spritzgießcompounder zur Verfügung, mit welchem der Einzug von bis zu 16 Glasfaser-Rovings zur Herstellung von D-LFT-Bauteilen möglich ist. Eine gravimetrische Dosiereinheit sorgt für die kontinuierliche Dosierung von bis zu 4 Komponenten, wobei auch die Dosierung von Pulver möglich ist. In einem Granulat-Trockenlufttrockner können in drei 100 l umfassenden Einzelkammern die Materialien für die Verarbeitung vorkonditioniert werden. Eine schematische Darstellung sehen Sie in Abb. 8.

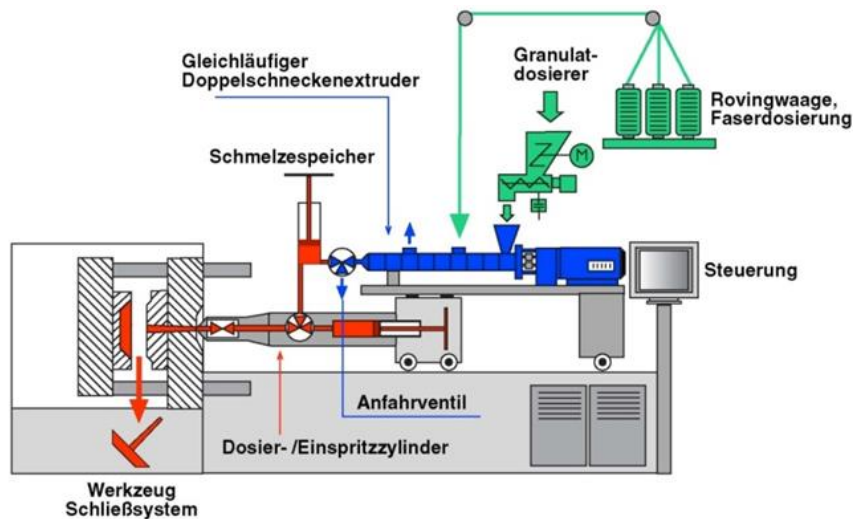


Abb. 8: Darstellung des Spritzgieß-Compounders (IMC)

3.5 Mikrospritzgießen

Der Mikrospritzgießprozess ist mit dem konventionellen Spritzgießverfahren identisch. Allerdings verwendet man Maschinen mit Kolbeneinspritzung, da für die Realisierung kleinster Schussgewichte die Schnecke meist zu groß ist. Die Schnecken werden bis zu einem Durchmesser von 14 mm gebaut und verwendet, darunter sind sie wegen der zu geringen Gangtiefe nicht mehr funktionsfähig, weil die Granulatkörner nicht mehr eingezogen werden können. In der Regel wird bei der Bauteilfertigung auf konventionelle Schneckenspritzgießmaschinen zurückgegriffen. Das L/D Verhältnis nimmt man ein wenig zurück auf bis zu 18. Der Neue Materialien Bayreuth GmbH steht ein Aggregat mit einer 15 mm Schnecke zur Verfügung, womit Formteile mit sehr niedrigem Gewicht (> 2 g) gespritzt werden können.

Abformen von Mikrostrukturen: Durch die Verbindung des Mikrospritzgießen mit dem Variotherm Verfahren können Mikrostrukturen abgebildet werden. Zusätzlich erfordert das Spritzgießen von Mikroformteilen mit komplexer Geometrie oder feinstrukturierten Oberflächen eine entsprechend angepasste Werkzeugtechnik.

Hierbei ist das Laser Cusing Verfahren® der Fa. Werkzeugbau Hofmann GmbH zu erwähnen, dass durch einen speziellen modularen Schichtaufbau eine konturnahe Werkzeugtemperierung möglich macht. Diese Werkzeugtemperierung steht bereits in zwei Werkzeugen (siehe Spritzgießwerkzeuge 4...) der Neue Materialien Bayreuth GmbH zur Verfügung.

3.6 Prägen

Die Prägetechnik wird sehr häufig genutzt um den Einspritz- und Nachdruckvorgang bei der Herstellung dickwandiger Teile zu optimieren oder um Spritzgussteile herzustellen, die weitgehend frei von Eigenspannung sein sollen. Beim Spritzprägen erfolgt zusätzlich zur klassischen Einspritzphase eine Schließbewegung des teilgeöffneten Werkzeugs. Durch diese Prägebewegung wird die Schmelze in der Kavität an das Fließwegende transportiert und es wird ein flächiger Nachdruck aufgebracht. Allgemeine Vorteile aufgrund der geringeren Scherbelastung des Polymers ein verminderter Verzug sowie die Möglichkeit dünnwandige Bauteile mit langen Fließweglängen zu fertigen, Abb. . Typische Anwendungen sind derzeit Kunststoffverschiebung (Glazing), langfaserverstärkte Strukturbauteile (LFT) oder auch Textilhinterspritzen. Darüber hinaus wird ein Negativ-Prägen bei der Verarbeitung von treibmittelhaltigen Schmelzen ausgeführt, um leichte Integralschäume zu generieren. Ein weiterer bekannter Vorteil ist dünnwandige Formteile besser füllen zu können bei verbessertem Orientierungs- und Eigenspannungsniveau der Formteile.

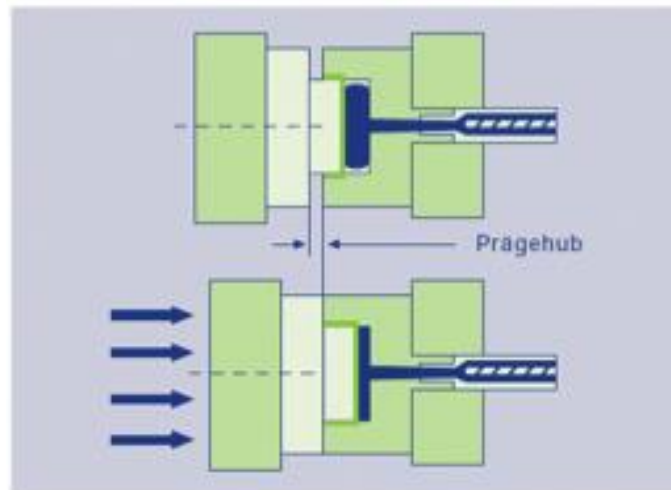


Abb. 9: Ablauf Spritzprägen, schematisch (Quelle: ENGEL Austria GmbH)

3.6.1 Negativ – Prägen (Atmen, Lüften)

Die mögliche Dichtereduktion beim klassischen TSG-Verfahren wird dadurch begrenzt, dass die Kavität bei zu geringem Dosiervolumen nicht mehr vollständig durch den aufschäumenden Kunststoff ausgefüllt wird. Da der Werkzeuginnendruck beim klassischen TSG-Verfahren relativ gering bleibt, wird es auch als Niederdruckverfahren bezeichnet.

Zur Fertigung von spritzgegossenen Integralschäumen mit niedrigerer Dichte werden Werkzeuge mit veränderlicher Werkzeugkavität eingesetzt. Die Werkzeugkavität wird dabei vollständig mit Schmelze gefüllt und unmittelbar danach von der Schließereinheit der Maschine um einen Spalt von wenigen Millimetern geöffnet. Die Vergrößerung der Kavität führt zum Druckabfall und zum Aufschäumen der Schmelze. Da die Kavität volumetrisch gefüllt wird, entsteht ein Werkzeuginnendruck wie beim Spritzgießen mit Nachdruck, weshalb das Verfahren auch als Hochdruckverfahren bekannt ist. Weitere Bezeichnungen sind „atmendes Werkzeug“, „Lüften“ und „Negativ-Prägen“. Abbildung 10 zeigt die unterschiedlichen Expansionsmechanismen zwischen Nieder- und Hochdruckverfahren.

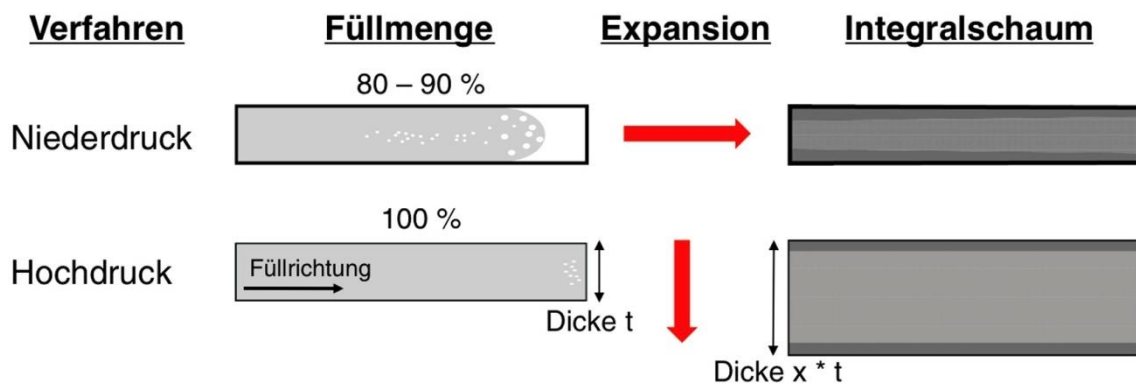


Abb. 10: Prinzipieller Unterschied zwischen den TSG-Varianten Niederdruck und Hochdruck

Die Vergrößerung der Kavität beim Atmen kann mit zwei Varianten erfolgen. Zum einen durch den Rückzug eines beweglichen Kernes und zum anderen über die langsame Öffnungsbewegung der Schließereinheit der Spritzgießmaschine. Um bei der zweiten Variante das Expandieren der Schmelze in die Trennebene zu vermeiden, sollten die Spritzgießwerkzeuge mit einer Tauchkante versehen sein.

3.7 Verbundspritzgießen von Hart-Weich-Verbunden via Drehtellertechnik

Durch das Verbundspritzgießen mittels der so genannten Drehtellertechnik können Hart-Weich-Verbunde hergestellt werden. Dabei wird im ersten Schritt die harte Trägerkomponente vorgespitzt und im folgenden Schritt die weiche Komponente aufgespritzt. Zu den möglichen Hart-Weich-Verbunden zählt auch die Kombination aus Thermoplast und Flüssigsilikon.

Zunächst wird der Thermoplast über das „klassische Spritzgießen“ verarbeitet. Hierbei wird das Polymergranulat in das vertikale Spritzaggregat gefüllt, aufgeschmolzen, dosiert und in das kalte Werkzeug gespritzt. Im Anschluss daran erfolgt eine Drehung des Werkzeugs um 180° und die Weichkomponente kann auf den Thermoplastträger aufgespritzt werden. Das Spritzgießen von Flüssigsilikon unterscheidet sich im Gegensatz zum Thermoplastspritzgießen hinsichtlich der Temperaturführung und der Spritzeinheit. Bevor das Flüssigsilikon in die (horizontale) Spritz- und Dosiereinheit gelangt, müssen die beiden Komponenten A und B (gegebenenfalls noch Farbe/Additive) über einen statischen Mischer homogenisiert werden. Im Anschluss wird das Flüssigsilikon unter Druck in die gekühlte Spritzeinheit gepumpt. Bei der Spritzeinheit handelt es sich um eine kompressionslose Schnecke, die ausschließlich dazu dient ein vorgegebenes Volumen zu dosieren. Das Flüssigsilikon wird dann über einen Kaltkanal in ein heißes Werkzeug gespritzt, so dass erst in dem heißen Werkzeug eine Vulkanisation (Vernetzung) der beiden Komponenten einsetzt.

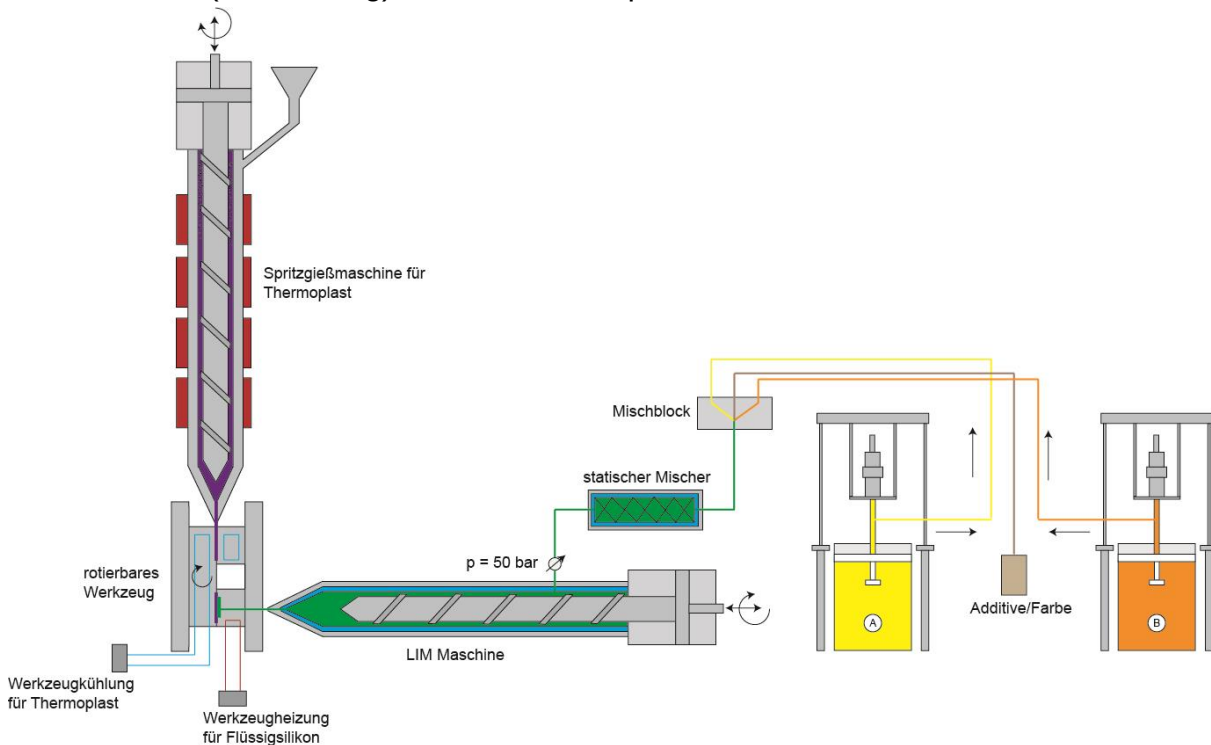


Abb. 11: Darstellung eines Verbundspritzgießverfahrens von Thermoplast / LSR - Verbunden via Drehtellertechnik
(Quelle: C. Kühr – Präsentation zur Projektvorstellung)

4. Spritzgießmaschinen

4.1 Vollelektrische Spritzgießmaschine der Fa. Engel E-MAC 170/50



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

4.2.1 2K-Spritzgießmaschine Fa. Krauss Maffei „Multinject KM 65/180/55/CX/V“, LSR-Verarbeitung



Schließereinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	650	Spritzeinheit 1.1 (LSR) - Standard	
Lichter Holmabstand [mm]	470 x 420	Schneckendurchmesser [mm]	25
Minimale Einbauhöhe [mm]	250	L/D Verhältnis	13
Maximaler Öffnungsweg [mm]	750	Maximales Spritzvolumen [cm ³]	35,8
Zentrierungsdurchmesser [mm]	125	Maximaler Spritzdruck [bar]	2500
Schließereinheit	hydraulisch	Spritzeinheit 1.2 (SG) - Alternativ	
		Schneckendurchmesser [mm]	25
		L/D Verhältnis	26
		Maximales Spritzvolumen [cm ³]	59
		Maximaler Spritzdruck [bar]	2500
		Spritzeinheit 1.3 (SG) - Alternativ	
		Schneckendurchmesser [mm]	15
		L/D Verhältnis	18
		Maximales Spritzvolumen [cm ³]	14
		Maximaler Spritzdruck [bar]	2600
		Spritzeinheit 2 (SG)	
		Schneckendurchmesser [mm]	20
		L/D Verhältnis	18
		Maximales Spritzvolumen [cm ³]	37,1
		Maximaler Spritzdruck [bar]	2600
		Maximale Verarbeitungstemperatur [°C]	450
Sonderausstattung: ○ LSR Einheit mit Eintauchdüse und pneum. Verschlussdüse, Verarbeitungstemp. max85°C ○ Spritzgießmodul 1: Austauschzylinder für weitere Spritzgießeinheit mit/ohne Nadelverschlussdüse ○ Spritzprägefunktion ○ Indexplattenantrieb, 4 Kernzüge, Heißkanalsteuerung pneumatisch und hydraulisch, Nadelverschlussdüsen			

4.2.2 Elmet 2K Dosier- und Mischsystem



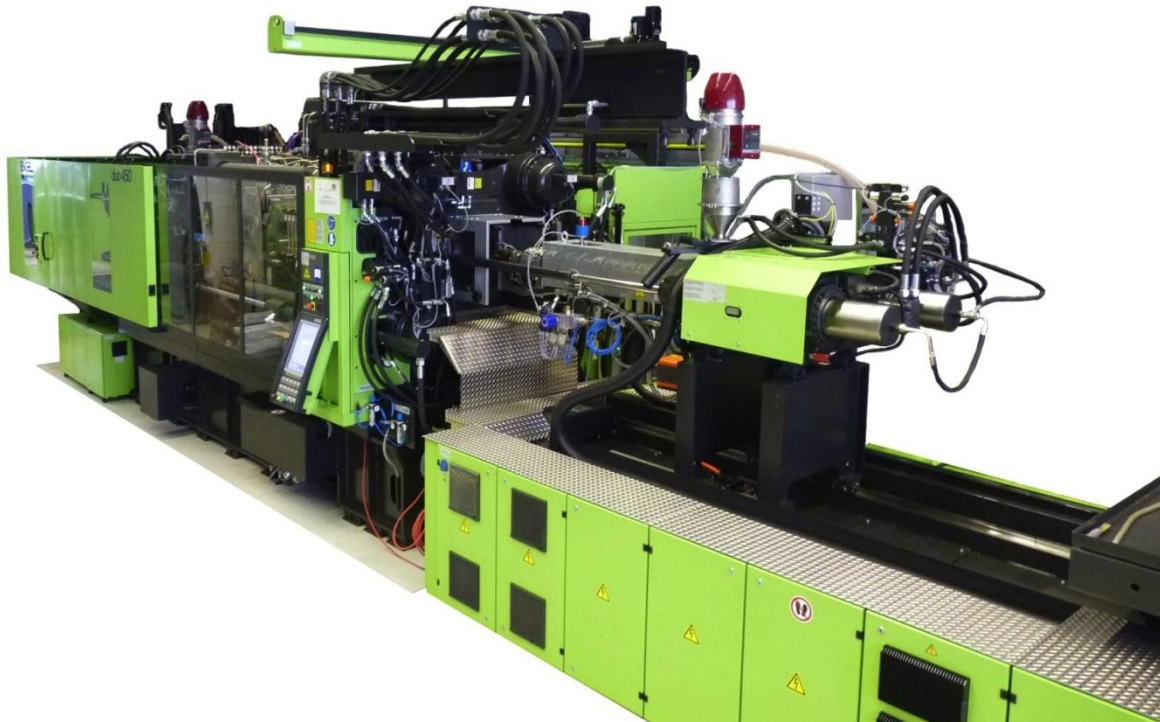
Technische Daten			
Steuerung	Siemens Simatic S7-200		Touch Panel TP 177B
Schöpfkobenpumpe	Antriebszylinder Ø160mm	Hub 160mm	Fördermenge pro Doppelhub max. 120ml
Schallpegel	83 dB(A)		
Verarbeitungsgebinde	200 L	20 L	
	Ø572mm, Höhe 890mm	Ø282mm, Höhe 365mm	

4.3 Spritzgieß-Compounder (IMC) Fa. Krauss Maffei „KM 1400-200 C2/IMC“



Schließereinheit		Plastifiziereinheit	
Schließkraft [kN]	2.000	Doppelschneckenextruder Berstorff ZE 25	
Lichter Holmabstand [mm]	560 x 560	Schneckendurchmesser [mm]	25
Minimale Einbauhöhe [mm]	350	L/D Verhältnis	48
Maximaler Öffnungsweg [mm]	1050	Schneckenrehzahl [U/min ⁻¹]	600
Zentrierungsdurchmesser [mm]	160	Spritzeinheit	
Schließereinheit	Hydraulisch	Einspritzkolbendurchmesser [mm]	45
		Max. Spritzvolumen [cm ³]	380
		Maximaler spezifischer Spritzdruck [bar]	2.000
		Maximaler Einspritzstrom [cm ³ /s]	325
		Maximale Verarbeitungstemperatur [°C]	390
Sonderausstattung: ○ Spritzprägefunktion ○ Pneumatischer Kernzug ○ Kernzugsteuerung 4-fach hydraulisch ○ Verschlussdüsen Heißkanal 4-fach pneumatisch ○ Heißkanalregelung			

4.4 2-Komponenten Spritzgießen mit Wendeplatte Fa. Engel DUO – 1350H – 1350M – 450 Combi M



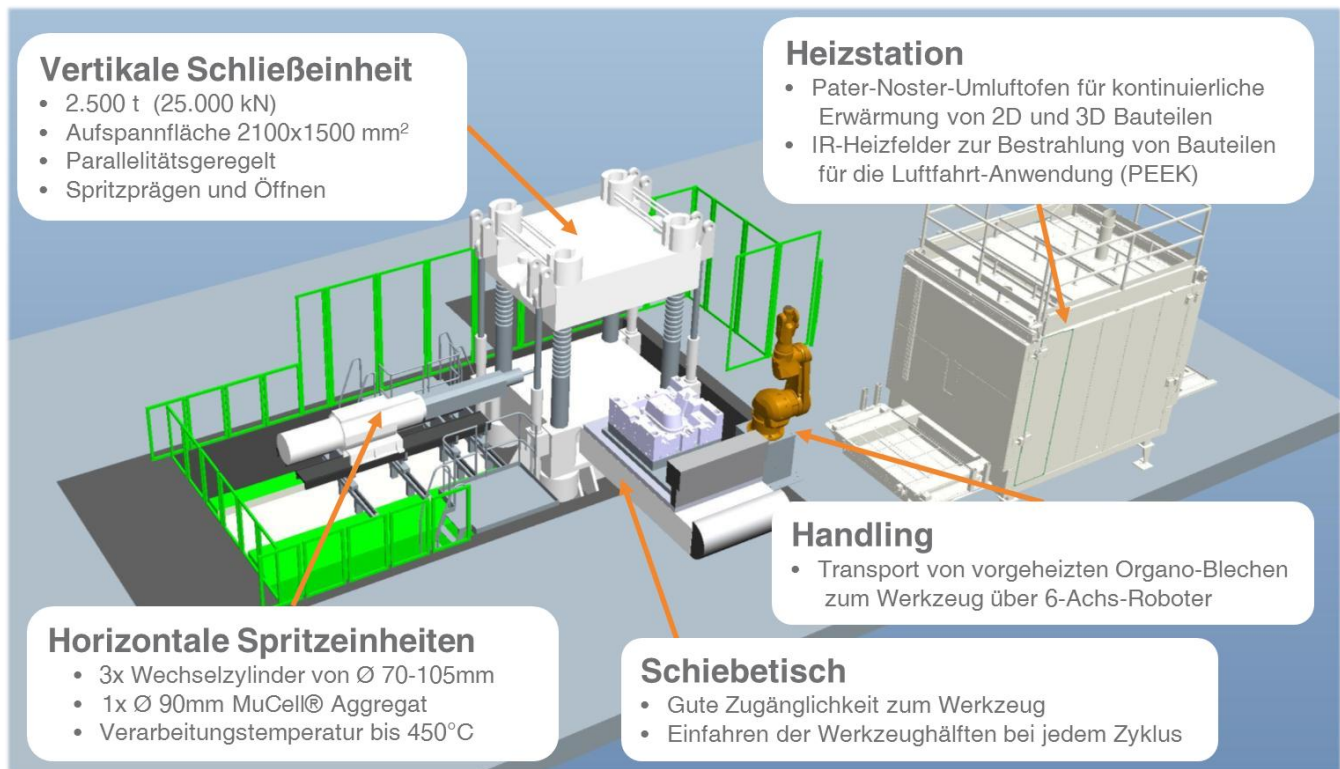
Schließeinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	4500	Spritzeinheit 1 (MuCell)	
Lichter Holmabstand [mm]	910	Schneckendurchmesser [mm]	60
Minimale Einbauhöhe [mm]	400	L/D Verhältnis	24
Maximaler Öffnungsweg [mm]	1200	Maximales Spritzvolumen [cm ³]	450
Zentrierungsdurchmesser [mm]	200	Maximaler Spritzdruck [bar]	1800
Schließeinheit	Hydraulisch	Spritzeinheit 2 (3-Zonen-Schnecke)	
		Schneckendurchmesser [mm]	60
		L/D Verhältnis	20
		Maximales Spritzvolumen [cm ³]	450
		Maximaler Spritzdruck [bar]	1800
		Maximale Verarbeitungstemperatur [°C]	450
Sonderausstattung: ○ Spritzprägen EXPERT, VARIOTHERM-Steuerung ○ drehbare Mittelplatte für Wendeplattenfunktion und Etagenwerkzeuge ○ Heißkanalsteuerung (pneumatisch, hydraulisch), Werkzeugtemperaturüberwachung, ○ Linearhandling ENGEL ERC ○ MuCell mit N2 und CO2 möglich ○ Unibell Dampfcontroller für variothermes Spritzen mit Dampf bis 250 °C ○ Gasgegendruck			

4.5 Spritzpresse der Fa. Engel ESP V-DUO 4400H/4400H/2500V mit Fertigungszelle Umluft-Paternosterofen und Handling-Roboter



Schließereinheit		Spritzereinheit	
Schließkraft [kN]	25.000	Spritzaggregat 1 (3-Zonen-Schnecke)	
Lichter Holmabstand [mm]	2.000 x 1.600	Schneckendurchmesser [mm]	105 / 90 / 70
Max. Werkzeuggröße [mm]	2.100 x 1.500	L/D Verhältnis	22 / 22 / 22
Minimale Einbauhöhe [mm]	500	Maximales Spritzvolumen [cm ³]	3377 / 2481 / 1500
Maximale Einbauhöhe [mm]	1.390	Maximaler Spritzdruck [bar]	1408 / 1916 / 2304 (bis 350°C)
Maximaler Plattenabstand [mm]	2.100		1408 / 1839 / 2000 (bis 450°C)
Schließereinheit	Hydro-mechanisch	Spritzaggregat 2 (MuCell) + Akku	
Prägehub [mm]	65	Schneckendurchmesser [mm]	90
Schließgeschwindigkeit [mm/s]	450	L/D Verhältnis	22
Schiebetischhub [s]	4	Maximales Spritzvolumen [cm ³]	2232
Einspritzhöhe [mm]	340 / 700 bzw. 1090	Maximaler Spritzdruck [bar]	2178 (bis 350°C)
Sonderausstattung: ○ Spritzprägen EXPERT ○ MuCell® Aggregat ○ Alle Spritzereinheiten variabel ○ Ecograph, Werkzeuginnendrucküberwachung, Heizkanalsteuerung ○ Werkzeugschnellschlosssystem in oberer Aufspannplatte: TYP ENGEL mit Spannzapfen SSV D135 ○ Paternosterofen für die Temperierung von Halbzeugen und 3D-Bauteilen bis 360 mm Höhe ○ Staubli Sechssachsenroboter zur Übergabe der Bauteile von Paternosterofen zu Werkzeug ○ Greifersystem mit IR-Feld			

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



Ofenbetrieb mit 2D-Plattenware		Ofenbetrieb mit 3D-Preforms	
Maximale Größe [mm]	2200 x 1200	Maximale Größe [mm]	2200 x 1200
Maximale Höhe [mm]	50	Maximale Höhe [mm]	360
Maximale Anzahl	36	Maximale Anzahl	7
Max. Temperatur [°C]	300	Max. Temperatur [°C]	300
Mögliche Taktzeit [s]	30	Mögliche Taktzeit [s]	60
○ Integration der Ofensteuerung in den Maschinenablauf ○ Ideale Durchwärmung der Halbzeuge ohne Über-Temperatur			

4.6 Spritzgießmaschine der Fa. Battenfeld „HM110/525“



Schließereinheit		Spritzeinheit	
Schließkraft [kN]	1.100	Spritzaggregat A (CellMold)	
Lichter Holmabstand [mm]	470 x 420	Schneckendurchmesser [mm]	35
Minimale Einbauhöhe [mm]	275	L/D Verhältnis	25
Maximale Einbauhöhe [mm]	575	Maximales Spritzvolumen [cm ³]	193
Zentrierungsdurchmesser [mm]	125	Maximaler Spritzdruck [bar]	2743
Schließereinheit	Hydraulisch	Maximale Verarbeitungstemperatur [°C]	350°C
Sonderausstattung: ○ Präzisionsöffnen ○ Kernzugsteuerung 2-fach hydraulisch ○ Verschlussdüsen Heißkanal 8-fach pneumatisch ○ Linearhandling ○ Gasgegendruck (Leihgabe) ○ Cellmould® Ausstattung			

4.7 Übersichtstabelle Spritzgießmaschinen

Mögliche Kombinationen		Maschine	Engel E-MAC 170/50	Krauss Maffei 65/180/55 CX V	Krauss Maffei IMC 1400/200 C2	Engel DUO/1350H/1350M/450 COMBI M	ENGEL ESP V-DUO 4400H/4400H/2500V	Wittmann Battenfeld HM110/525
Sonderverfahren								
2-Komponenten	Verbundspritzgießen							
	Stack-Mould-Technik							
Thermoplast-Schaumspritzgießen	Physikalisch (MuCell®, Cellmould®)							
	Chemisch							
	Gasgegendruckverfahren							
Variothermverfahren								
Spritzgieß-Compoundierung								
Prägen	Negativ Prägen (Atmen)							
	Positiv Prägen							
Kombination	Spritzpressen							
Mikrospritzgießen								
LSR - Verarbeitung								

5. Spritzgießwerkzeuge

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:

Werkzeugabmessung B x H [mm]	290 x 350
Formhöhe [mm]	275
Spritzgießmaschine	• Engel E-Mac 170/50 • Kraus Maffei KM 65/180/55 CX V • Battenfeld HM110/525
Temperiermedium	Wasser
Maximale Werkzeugtemperatur [°C]	95

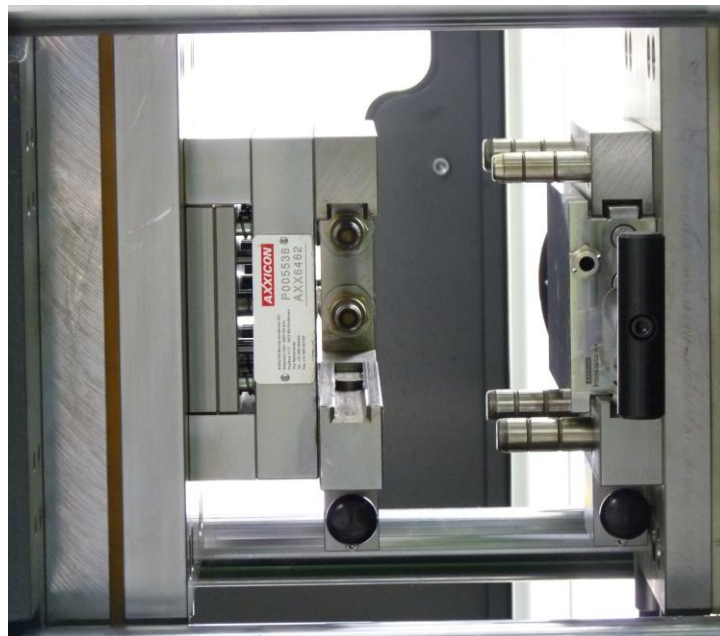


Abb. 12: Kassettenwerkzeug mit Spiegelplatte

5.1.1 „Campus-Zugstab“

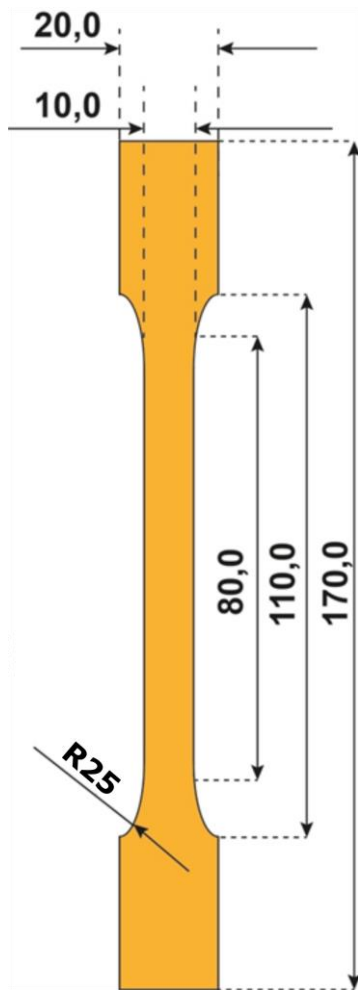


Abb. 13: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Campus-Zugstabs“

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

5.1.2 „Klein-Zugstab“

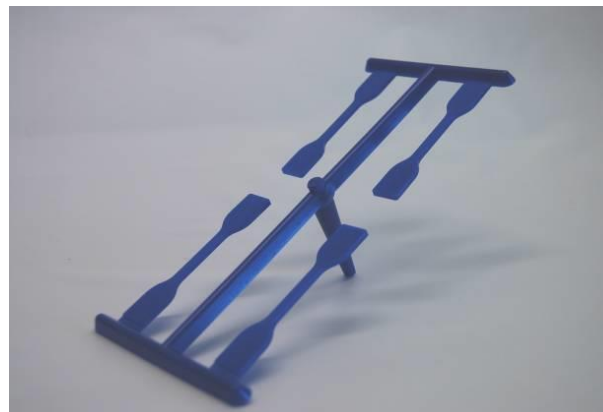
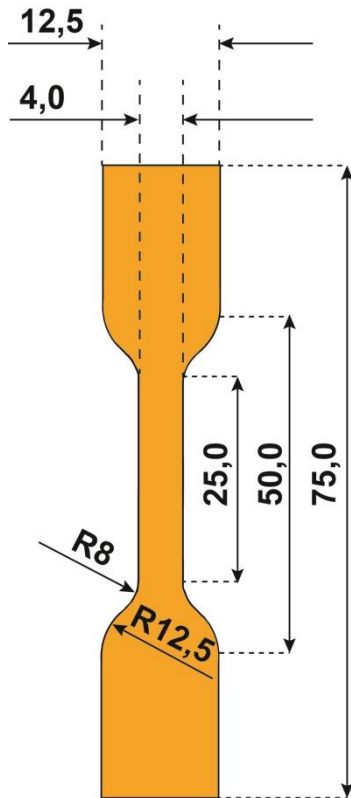


Abb. 14: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Kleinzugstabs“

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

5.1.3 „Mini-Zugstab“

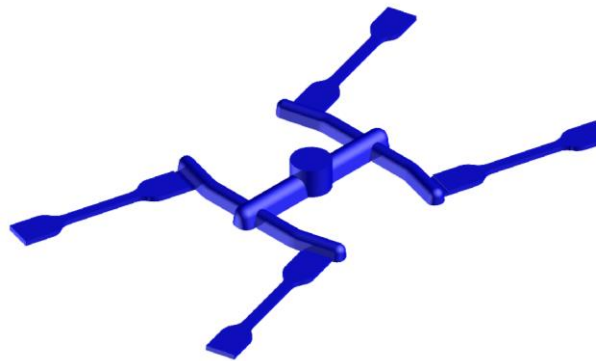
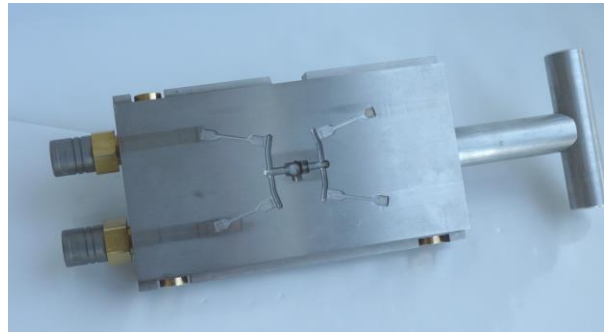
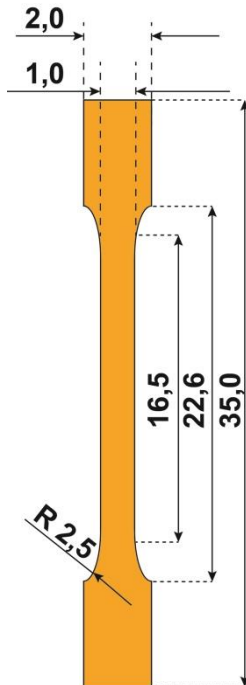


Abb. 15: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Minizugstabs“

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

5.1.4 „Prüfstab“ 4 mm (Werkzeug nicht bei NMB)

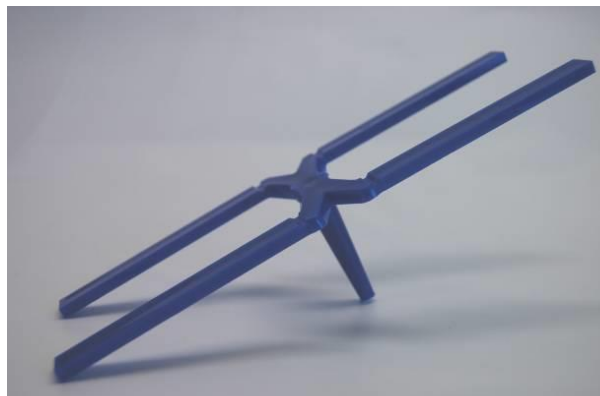
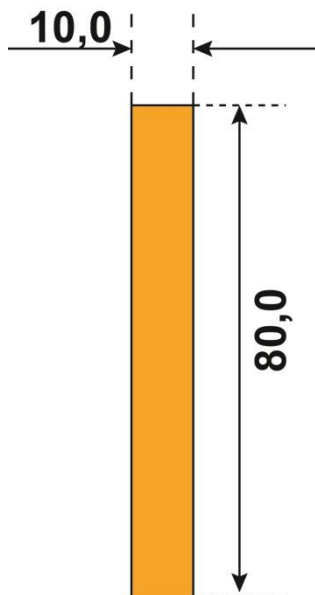


Abb. 16: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Prüfstabs“

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

5.1.5 „Prüfstab“ 2 + 3 mm

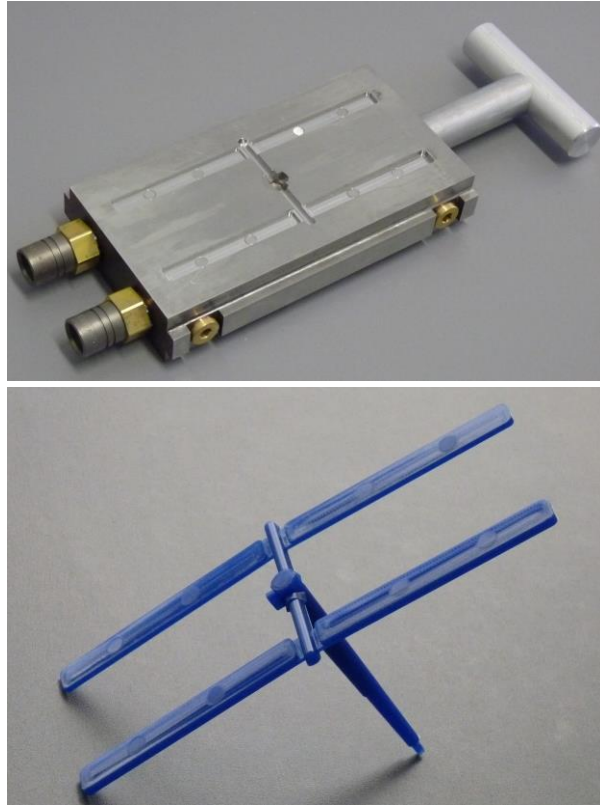
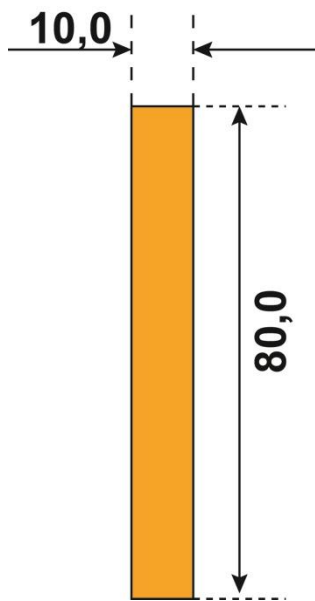


Abb. 17: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil des „Prüfstabs“

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

5.1.6 „Stäbe für Flammenschutztest“

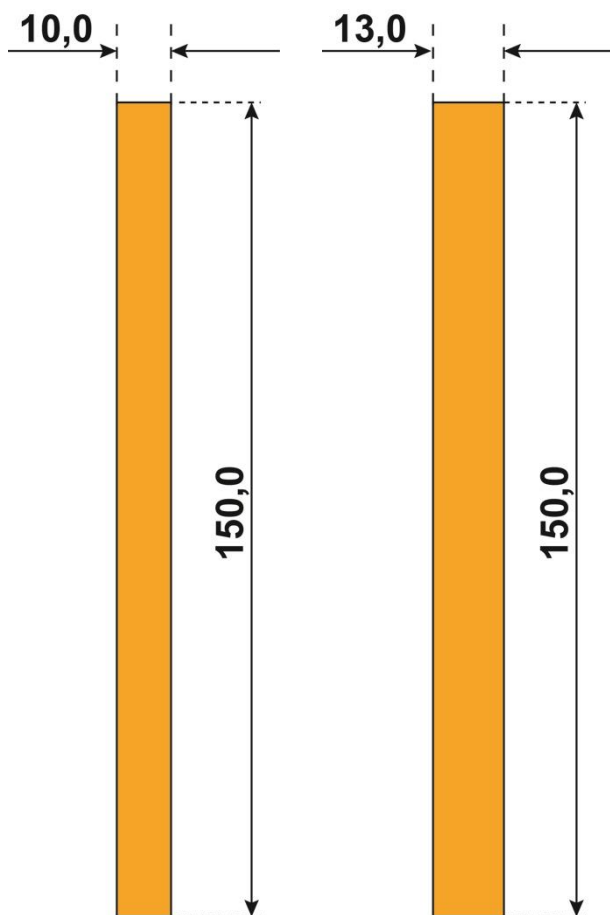


Abb. 18: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Stäbe für Flammenschutztests“;
Links: Stab für DIN EN ISO 4589 (LOI), Rechts: Stab für UL94

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

5.1.7 „Platte 60 x 60 mm“

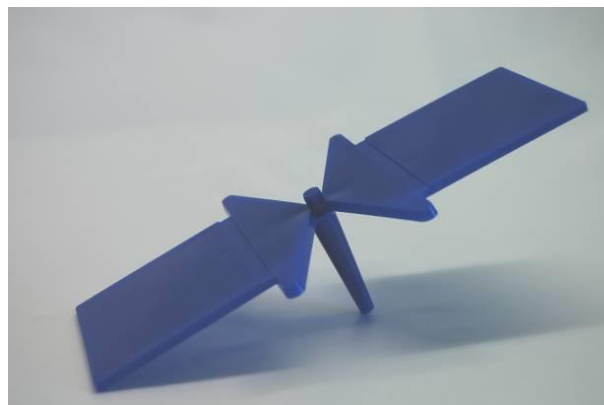
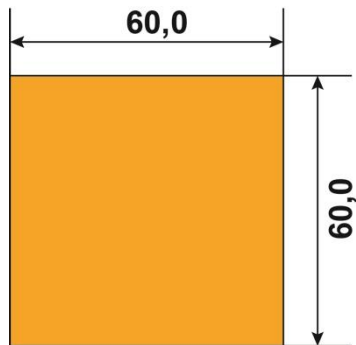


Abb. 19: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 60 x 60 mm“

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

5.1.7 „Platte 70 x 70 mm“

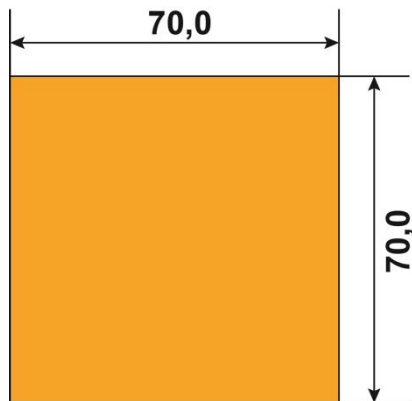


Abb. 20: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 70 x 70 mm“

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

5.1.8. „Platte 80 x 80 mm“

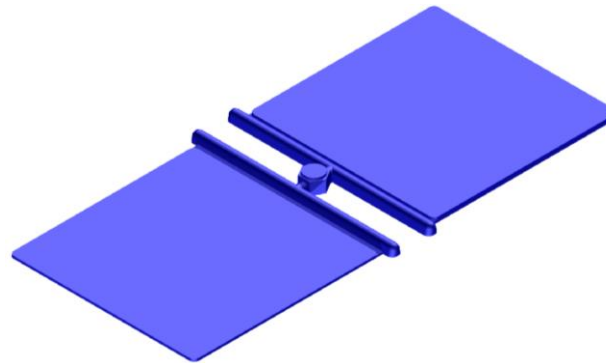
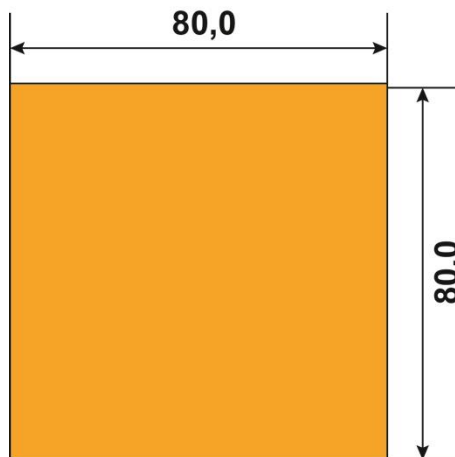


Abb. 21: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 80 x 80 mm“

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

5.1.9 „Platte 100 x 100 mm“

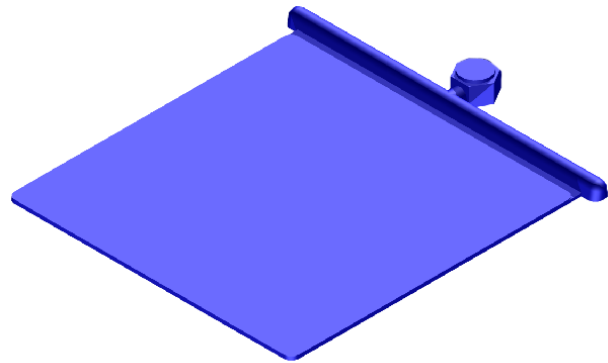
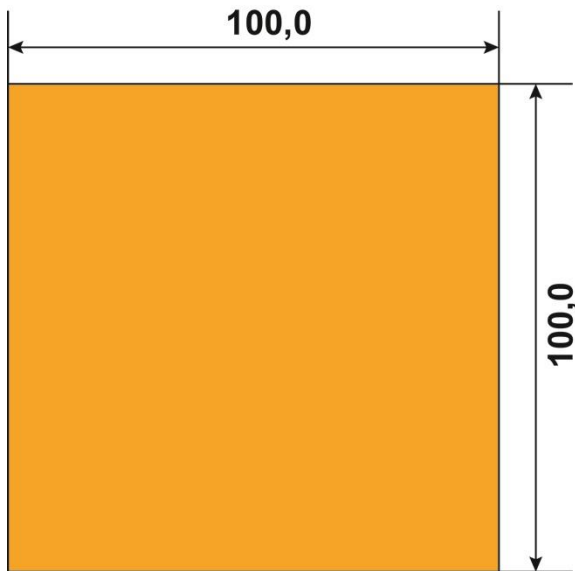


Abb. 22: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platte 100 x 100 mm“

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

5.1.10 „Platten unterschiedlicher Wandstärke“

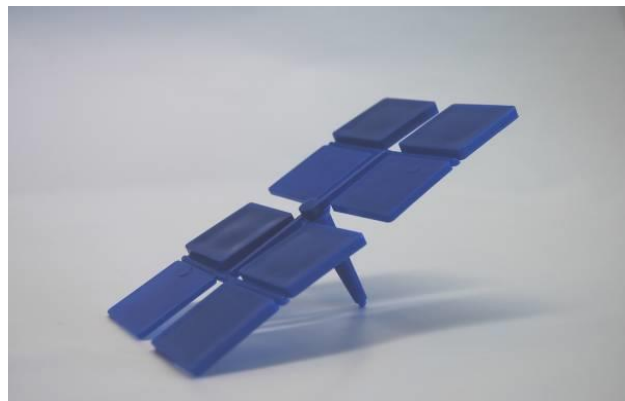
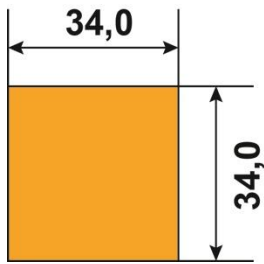


Abb. 23: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Platten unterschiedlicher Wandstärke“, geeignet um das Nachblähpotential beim TSG-Verfahren zu untersuchen

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

5.1.11 „K_{IC}-Platte“

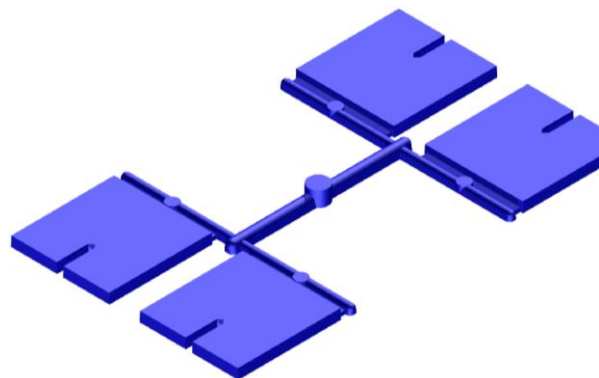
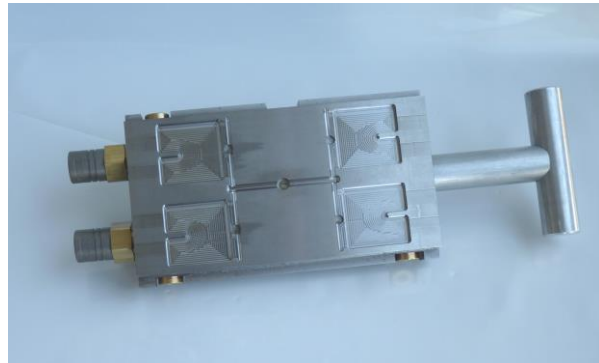
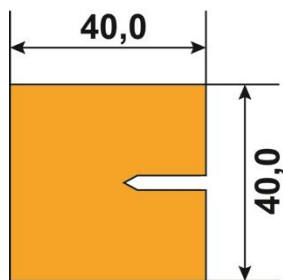


Abb. 24: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „K_{IC} Platte“

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

5.1.12 „Haze-Scheiben“

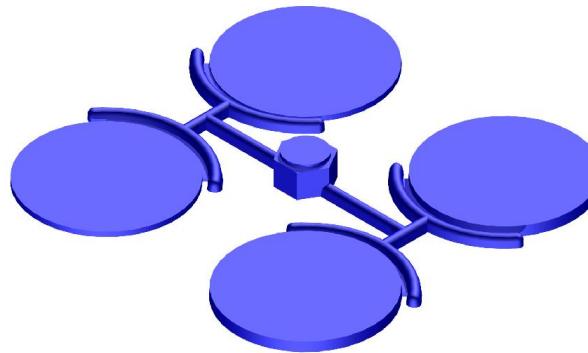
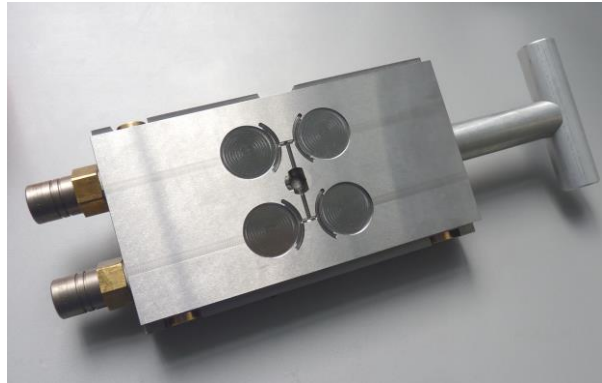
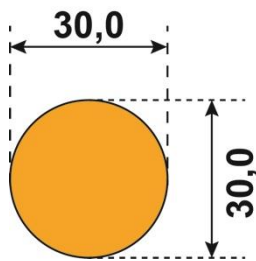


Abb. 25: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Haze-Scheiben“

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

5.1.13 „Fließspirale“

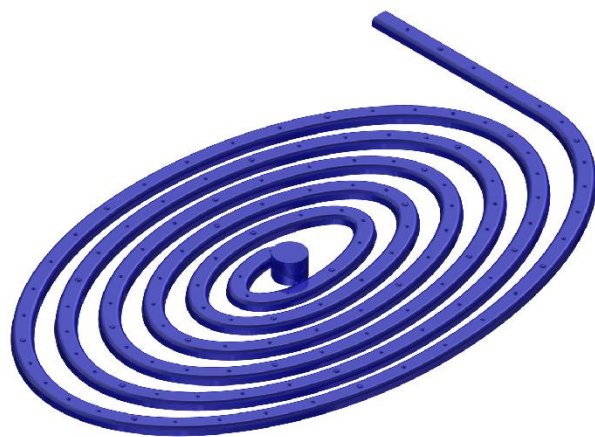
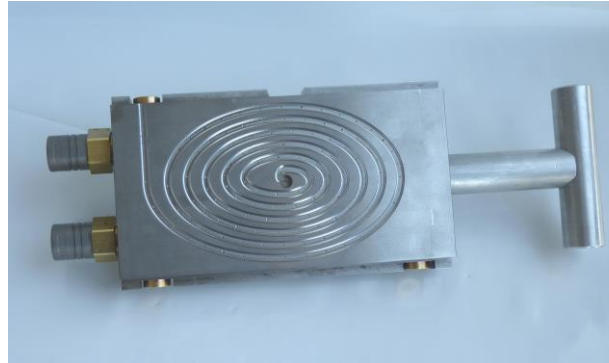
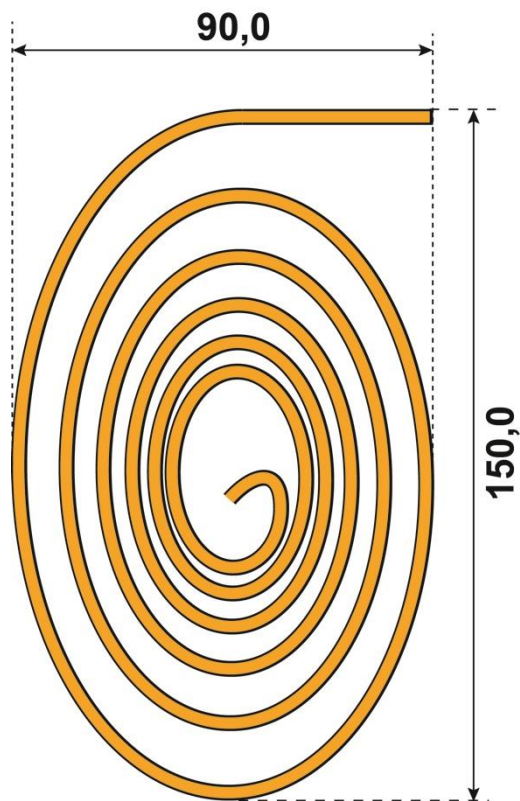


Abb. 26: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Fließspirale“

Norm	-
Anguss	Anbindung der einzelnen Probekörper über Filmanguss
Spritzvolumen inklusive Anguss [cm ³]	30,0
Anzahl der Prüfkörper pro Kassette	1
Dicke der Prüfkörper [mm]	2,0

5.1.14 „Spritzgießrippen“

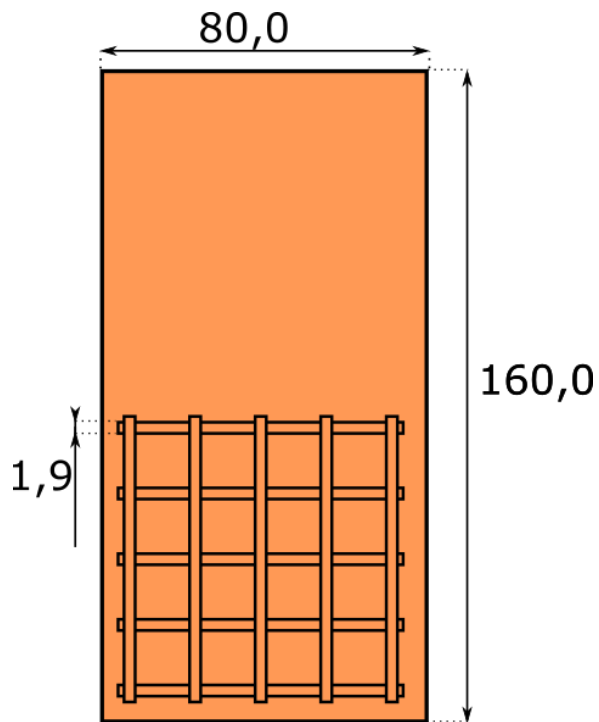


Abb. 27: Probengeometrie, Werkzeugkassette und Bauteil der „Spritzgießrippen“

Norm	-
Anguss	Anbindung des Probekörper über Tunnelanguss
Spritzvolumen	
Anzahl der Prüfkörper pro Kassette	1
Dicke des Prüfkörpers [mm]	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. Ausgestattet mit zwei Zugstäben, für Zug- als auch Schlagbiegeversuche, einer Durchstoßplatte für den „Falling Dart Test“ und einer runden Platte, in der sich z.B. Zugstäbe mit einer Orientierung 0°, 45° oder 90° entnehmen lassen. Probendicken von 2 mm und 4 mm können durch zwei austauschbare Werkzeugeinsätze realisiert werden.

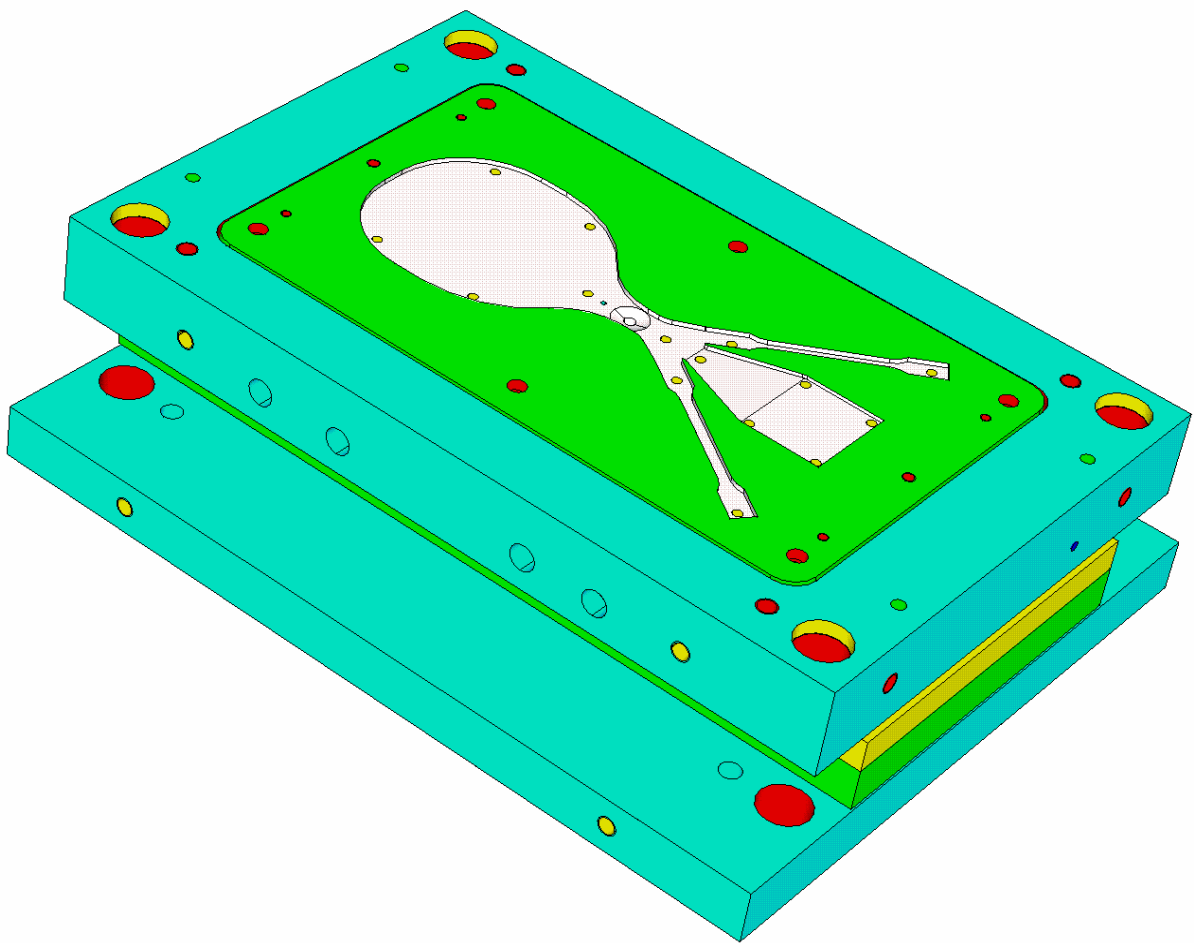


Abb. 28: CAD-Bild der Multiprobekörperwerkzeugkavität

Abmessungen [mm] L x B	695 x 545
Formhöhe [mm]	390
Probekörperherstellung für folgende mechanische Prüfungen möglich	- DIN EN ISO 527-2, Typ 1A (Zugstab Probekörper) - DIN EN ISO 6603-1 (Impact, Falling Dart) - DIN EN ISO 179-2/1 (Pendelschlag Probekörper)
Sprießgießmaschine	- Krauss Maffei KM 200 – 1400 IMC - Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi
Oberfläche	Poliert
Anguss	Stangenanguss
Heißkanal/Kaltkanal	Kaltkanal
Temperierung	Wasser bis 120 °C
Besonderheiten	Drucksensor (1 x angussnah)
Multiprobekörperdicke	2 mm 4 mm

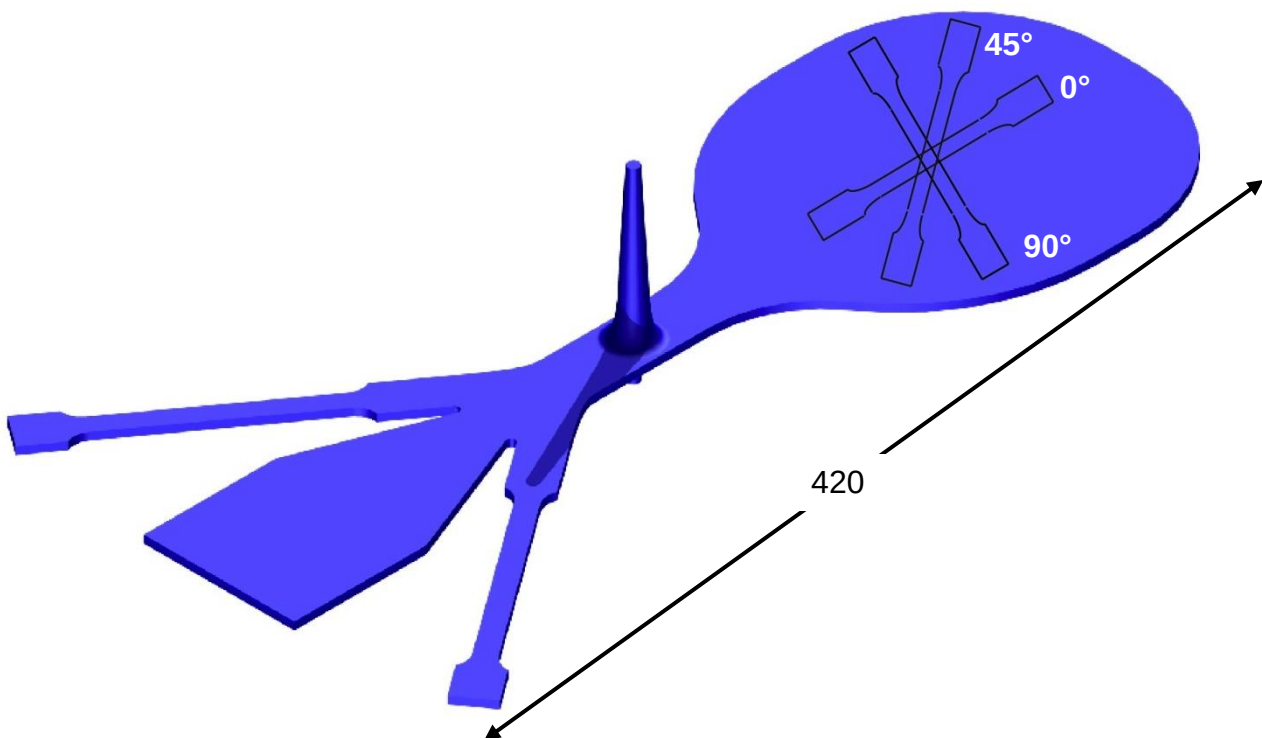


Abb. 29: Multiprobekörperbauteil mit möglichen Entnahmepositionen der Versuchsproben in unterschiedlichen Faserorientierungen (0°, 45° und 90°)

5.3 „Cellject“ Werkzeug

Das Cellject Werkzeug wurde im Laufe eines Schaumspritzgießprojektes entwickelt. Es ist mit einer kavitätsnahen Werkzeugtemperierung (Laser Cusing) für das Variotherm Verfahren, einer Tauchkante mit 6 Rahmen (Wandstärken von 0,5 mm bis 4 mm) zum Negativ-prägen und einer Gaszuführung für das Gasgegendruckverfahren ausgestattet. Zusätzlich ist das Werkzeug kavitätsnah auf der festen Werkzeugseite mit jeweils vier Druck- und Temperatursensoren ausgestattet.

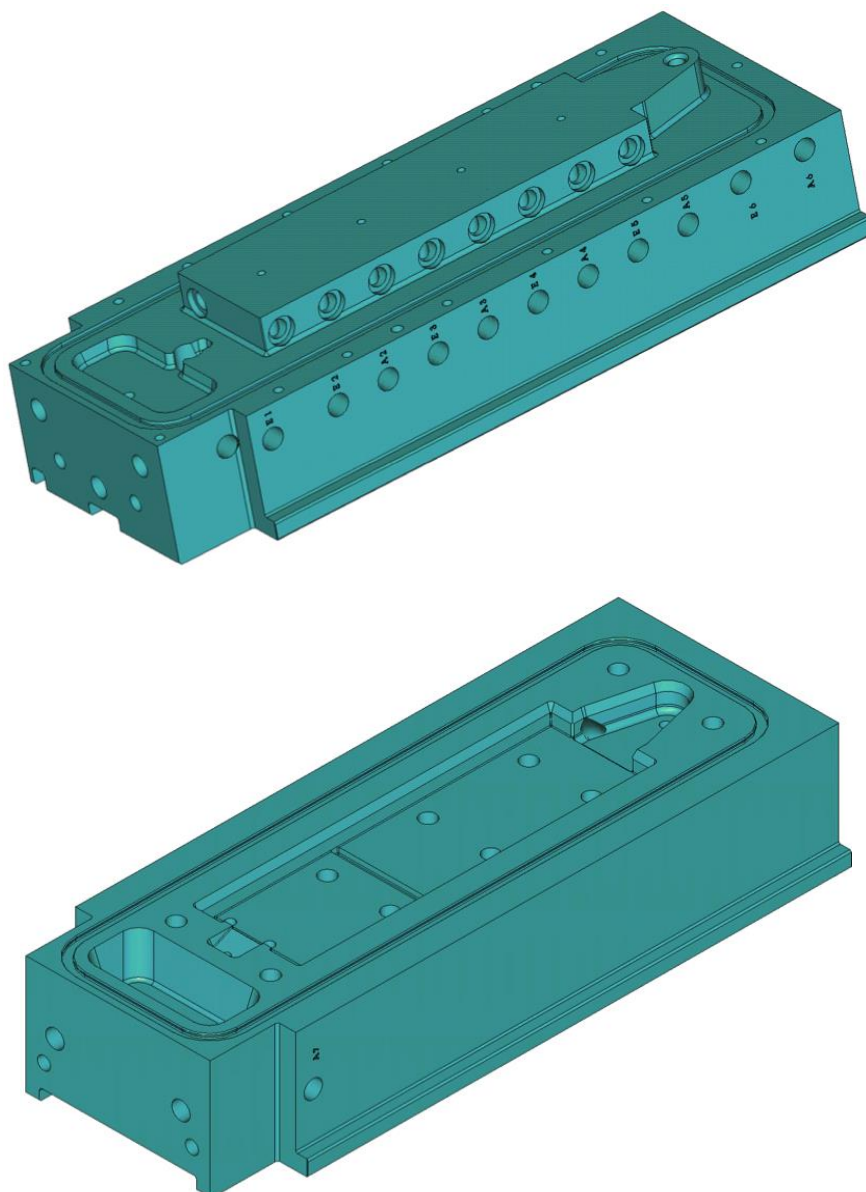


Abb. 30: CAD-Bild der Cellject-Werkzeugkavität der Düsenseite (oben) und der Kavität der Auswerferseite (unten)

Abmessungen [mm] L x B	445 x 318
Formhöhe [mm]	430 (Zentrierring 160 mm)
Spritzgießmaschine	Battenfeld HM 110/525
Oberfläche	Poliert und Mini R60 Narbe
Anguss	Stangenanguss (am Bauteil Filmanguss)
Heißkanal/Kaltkanal	Heißkanal (Nadelverschlusssdüse)
Temperierung	Wasser bis 200 °C
Besonderheiten	• Laser Cusing Kühlkanäle (Variotherm) • Tauchkante (Wandstärke 0,5mm - 8mm variabel) • Schäumen mit CellMould® (Battenfeld) • Gaszuführung für Gasgegendruckverfahren • Geteilte Plattenoberfläche: ➤ genarbte Oberfläche (Mini R60 Narbe, EG2962) ➤ Hochglanzoberfläche

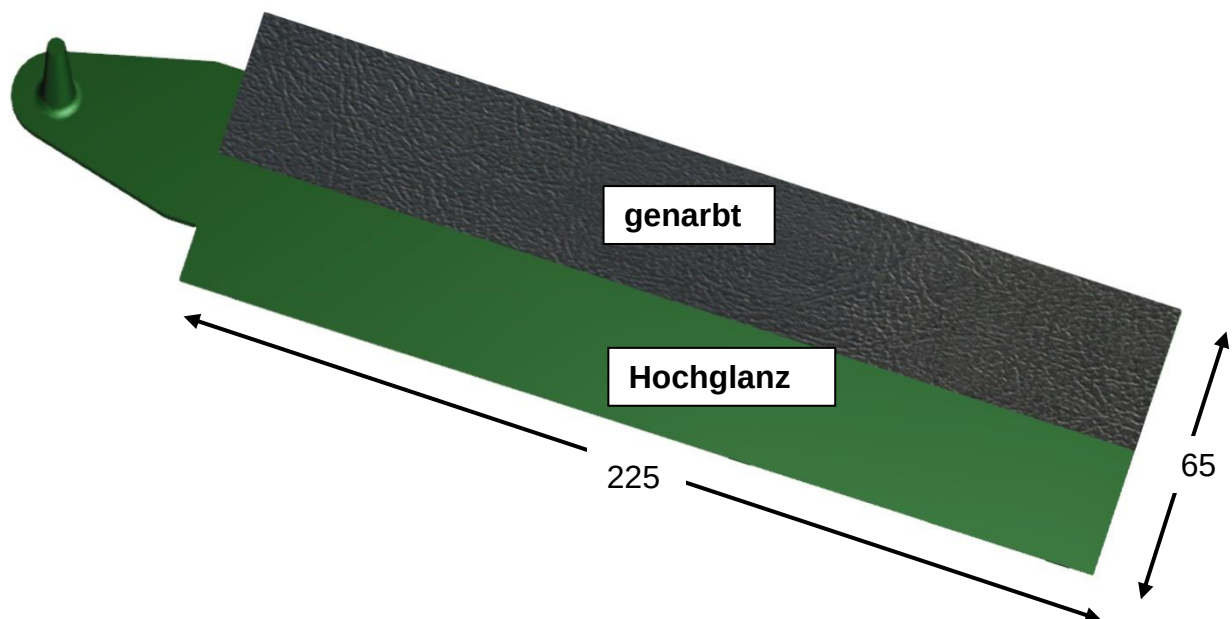


Abb. 31: Probengeometrie des „Cellject“ Werkzeugs

5.4 „2K-Wendeplattenwerkzeug“

Das 2K-Wendeplattenwerkzeug wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Hotmold for elastic foams“ angefertigt und ist das Stammwerkzeug für die Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi Wendeplattenmaschine. Es handelt sich hierbei um ein Chassis-Werkzeug, in welches verschiedene Einsätze eingebaut werden können, so dass 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.

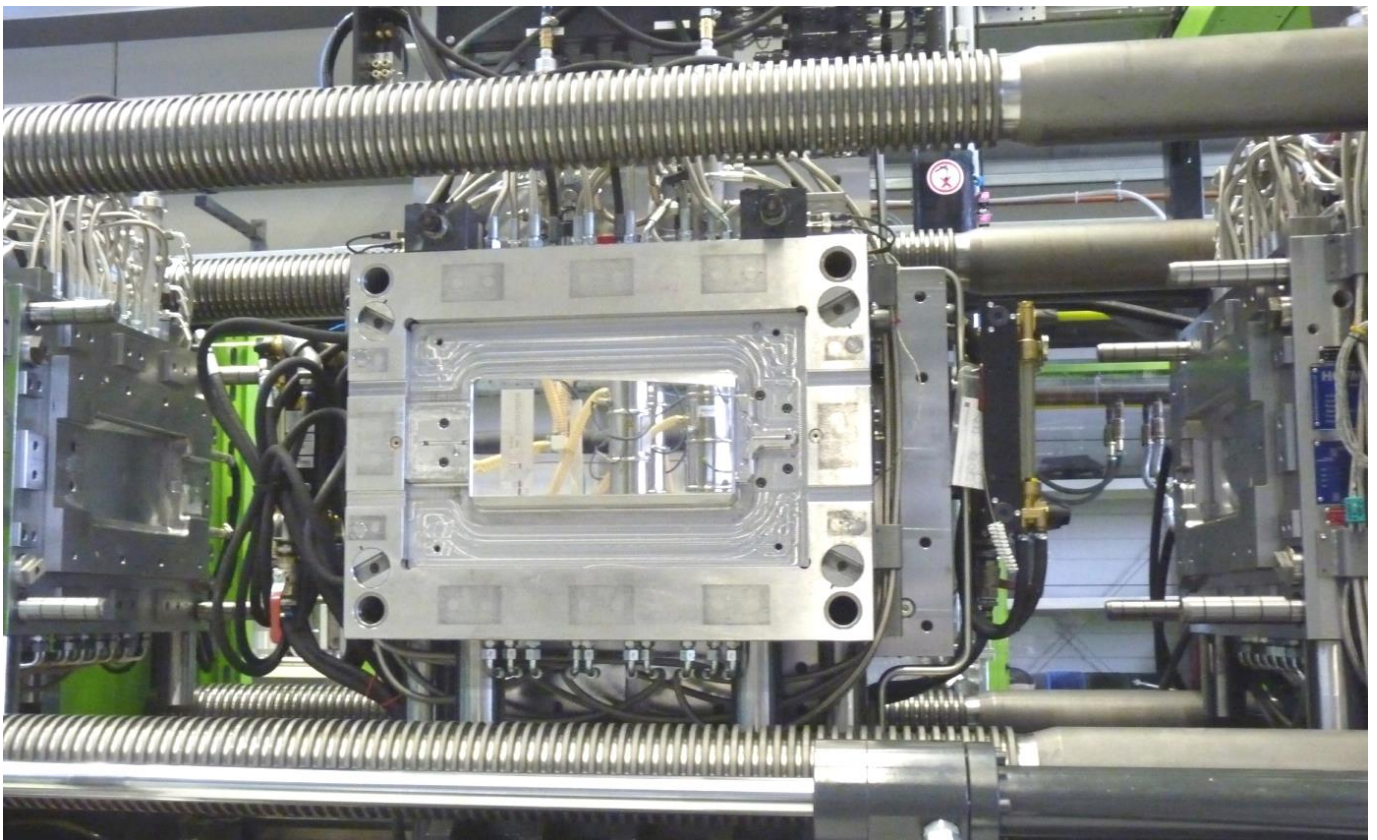


Abb. 32: 2K-Wendeplattenwerkzeug

5.4.1 „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.

Abmessungen [mm] L x B	896 x 596
Formhöhe [mm]	904 (Vorspritzen), 685 (Fertigspritzen)
Spritzgießmaschine	Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi
Oberfläche	Poliert und 4 Narbungen
Anguss	2 x Filmanguss
Heisskanal/Kaltkanal	2 x Heißkanal
Temperierung	Wasser bzw. Dampf bis 200 °C
Besonderheiten	• Konturnahe Flächentemperierung (Variotherm) • Tauchkante für Prägen/Schäumhub bis 12 mm • Druck- und Temperatursensorik • Oberfläche mit Hochglanz und 4 Narbungen

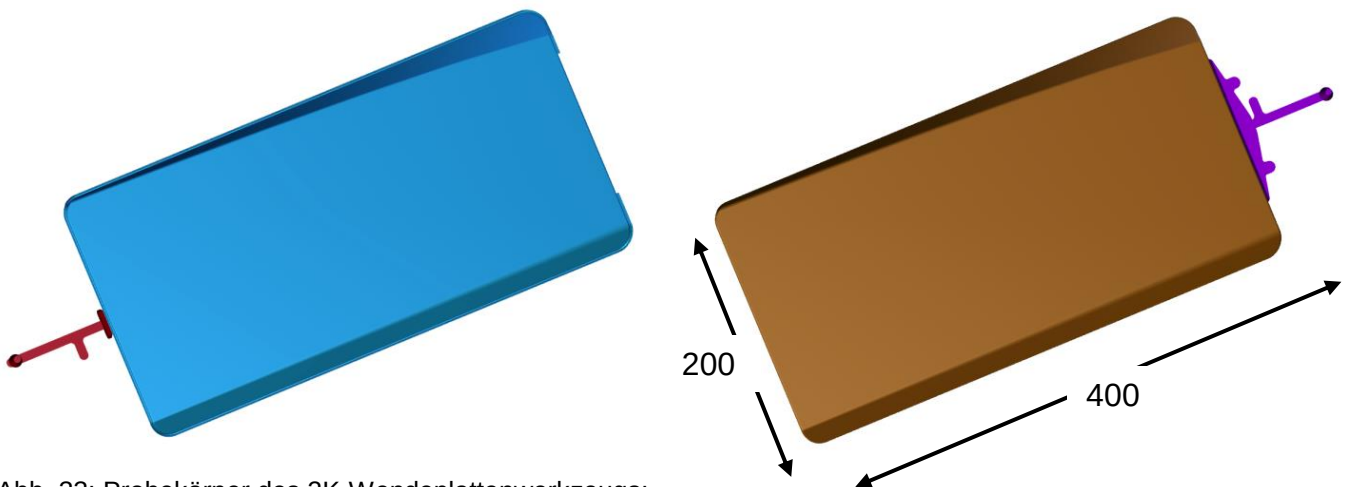


Abb. 33: Probekörper des 2K-Wendplattenwerkzeugs;
links: Vorspritzen (2 mm Wandstärke); rechts: Fertigspritzen (1 mm Wandstärke)

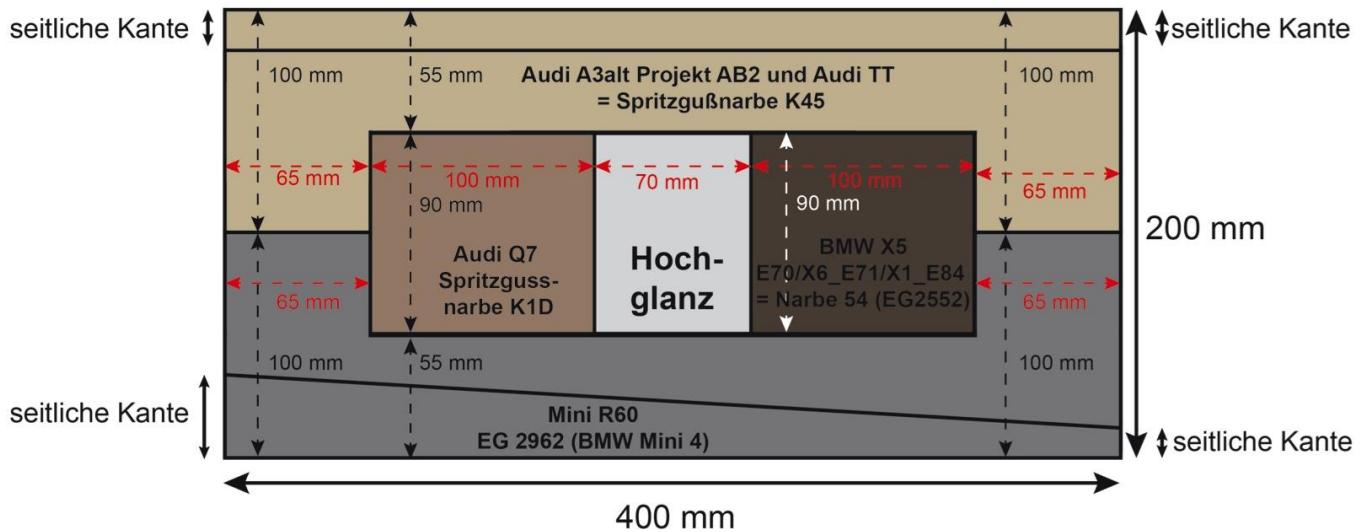


Abb. 34: Oberfläche des 2K-Wendeplattenwerkzeugs mit drei Ledernarben, einer Technischen Narbe und einer Hochglanzfläche

5.4.2 „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 einer Verrippung auf der Oberseite (Rippenhöhe 8 mm). Beim Überspritzen mit der zweiten Komponente werden die Rippen mit Material überflutet, so dass auf der Oberseite der Weichkomponente eine genarbte Oberfläche entsteht. Beide Komponenten können mit atmenden Werkzeug geschäumt werden (Expansion 2 – 4 mm).

Abmessungen [mm] L x B	896 x 596
Formhöhe [mm]	904 (Vorspritzen), 685 (Fertigspritzen)
Spritzgießmaschine	Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi
Oberfläche	Nabung Mini R 60
Anguss	Tunnelanguss (Träger) und Filmanguss (Fertigspritzen)
Heisskanal/Kaltkanal	2 x Heißkanal
Temperierung	Wasser bzw. Dampf bis 200 °C
Besonderheiten	- Konturnahe Flächentemperierung beim Fertigspritzen (Variotherm) - Tauchkante für Prägen/Schäumhub auf beiden Seiten von 2 mm auf 4 mm - Druck- und Temperatursensorik

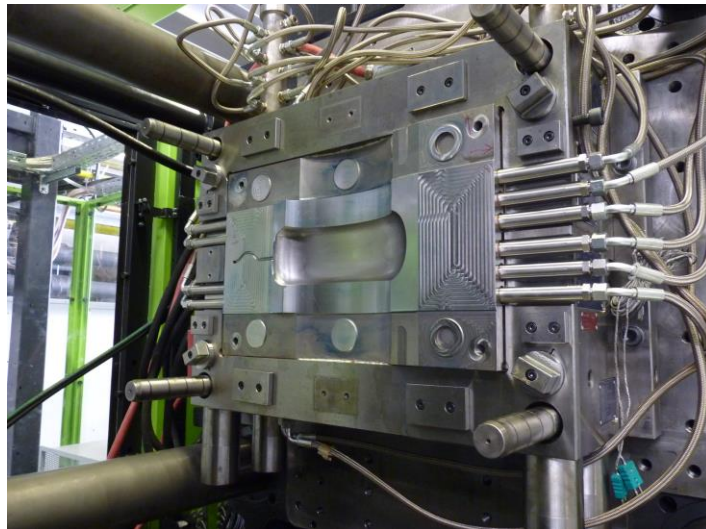
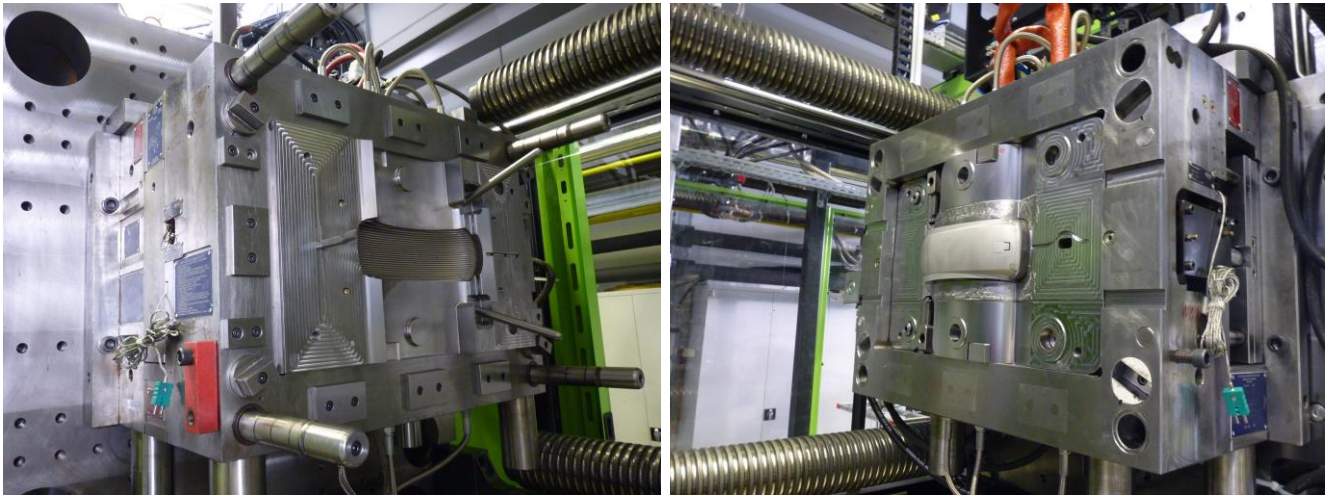


Abb. 35: Werkzeug und Demobauteil des 2K-Wendeplattenwerkzeuges Deckel Mittelarmlehne Mini 60

5.4.3 „Kundenspezifische Einsätze“

Da es sich bei dem 2K-Wendeplattenwerkzeug um ein Chassis-Werkzeug handelt, können für dieses Werkzeug relativ kostengünstig kundenspezifische Einsätze gefertigt werden (siehe Abbildung 31).

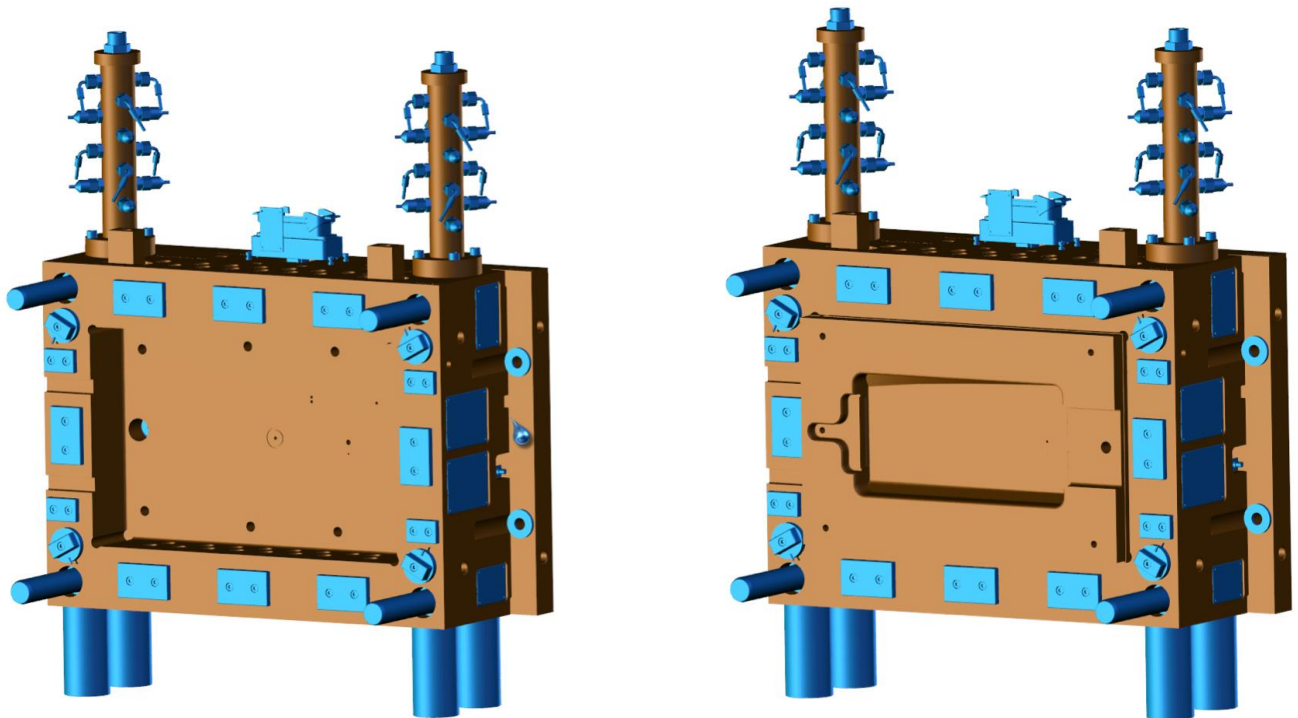


Abb. 36: Aufbau des Chassis-Werkzeugs ohne Einsatz (links) und des Chassis-Werkzeugs mit eingebautem 2K-Plattenwerkzeug (rechts)

5.5 „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 Bindenähten am Fließwegende wurde im Inneren des Bauteils eine Fließhilfe (Breite 30 mm, Höhe 0,7 mm) über der gesamte 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.

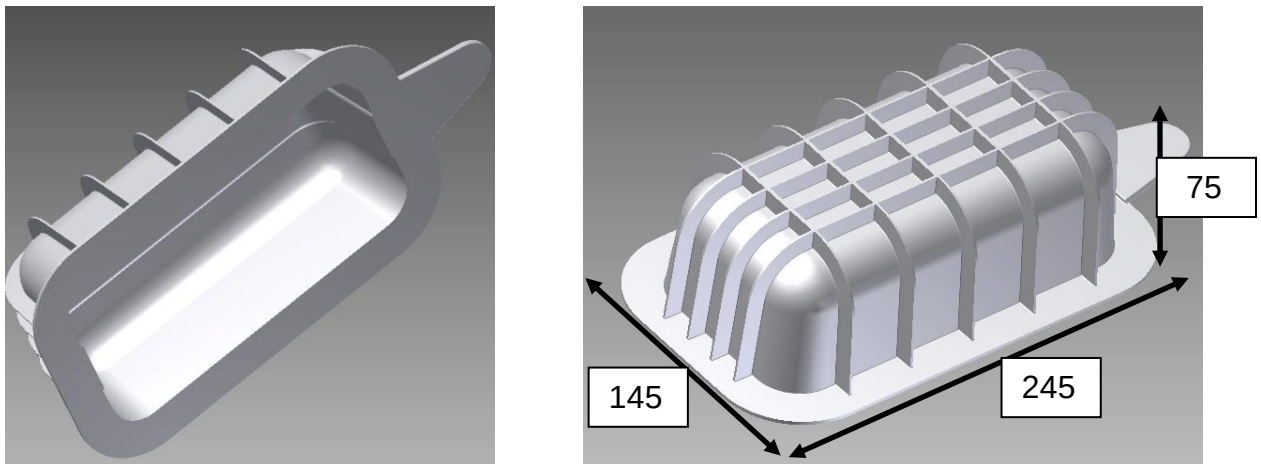


Abb. 37: Probekörper „Tiefe Wanne“

Abmessungen [mm] L x B	500 x 545
Formhöhe [mm]	678 (Zentrierring 160 mm)
Spritzgießmaschine	- Krauss Maffei KM 200 – 1400 IMC - Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi
Oberfläche	gefräst
Anguss	Filmanguss
Heißkanal/Kaltkanal	Heißkanal speziell für Langglasfaser geeignet (Durchmesser HK 18 mm Nadelverschlussdüse 6 mm)
Temperierung	Wasser bis 120 °C
Besonderheiten	- Kühlkanäle Konturnah - Tauchkante für einen Schäumhub bis 7 mm (TSG, MuCell) - Prägehub - Druck- und Temperatursensorik: Angußnah und am Fließwegende - Wandstärken: min. 1,0 mm, max. 8 mm, Standard 2,0 mm, variabel über Unterlegplättchen.

Auswerferseite



Düsenseite

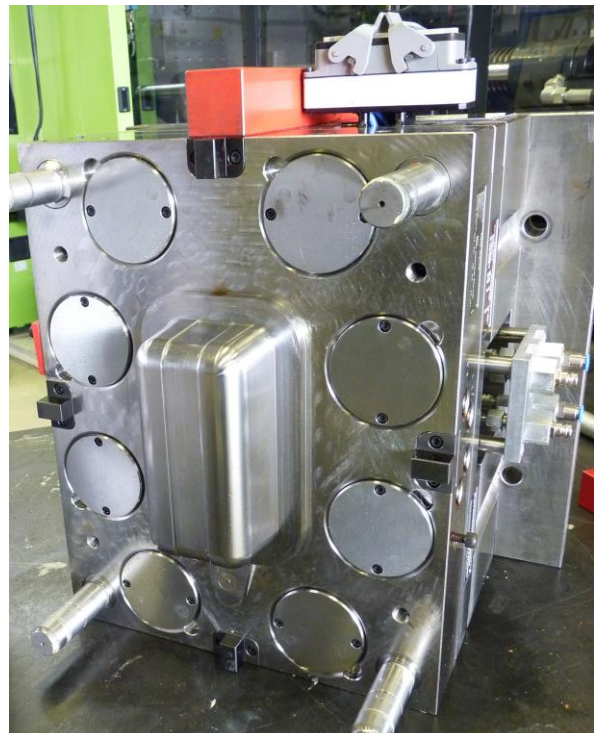


Abb. 38: Bilder des Werkzeuges „Tiefe Wanne“

5.6 „2K Werkzeug für Thermoplast-Silikon-Verbunde“

Das Zweikomponentenwerkzeug wurde speziell für die Herstellung von Thermoplast-Silikon-Verbunden konzipiert und ist mit Drehtischtechnik ausgestattet, so dass ein Umsetzen der Thermoplast Trägerkomponente um 180° für das anschließende Überspritzen mit Silicon möglich ist. Die beiden Kavitäten sind auf der Düsenseite thermisch voneinander getrennt, da eine Kühlung des Thermoplasten im Werkzeug stattfinden muss, während das Silicon für eine Vernetzung hohe Temperaturen benötigt. Weiterhin wird das Silicon über einen Kaltkanal in das heiße Werkzeug eingespritzt. Der Probekörper besteht aus einer Thermoplast-Platte mit einer aufgespritzten Silikonkomponente für die Bestimmung der Haftfähigkeit (nach VDI 2019).

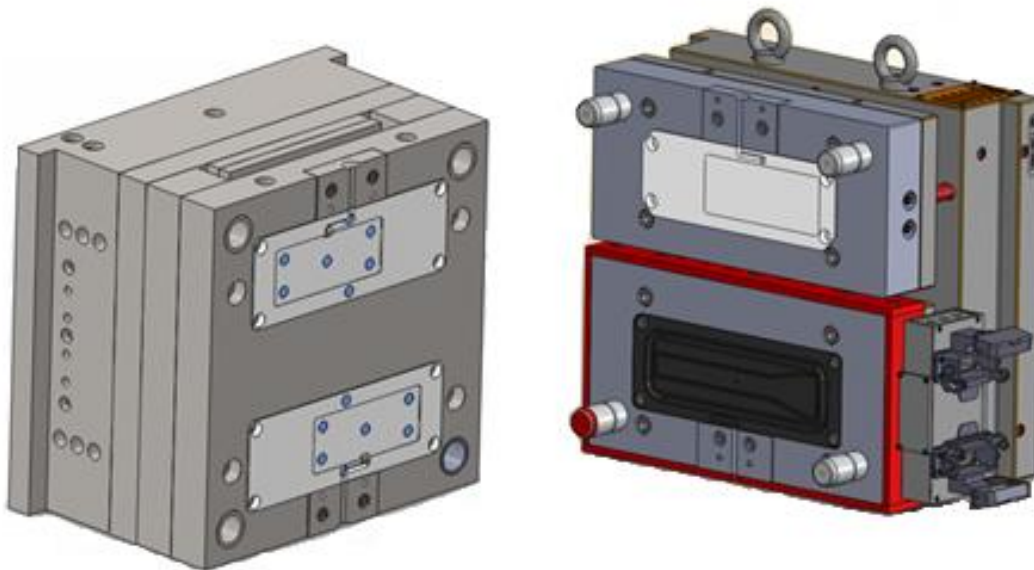


Abb. 39: CAD-Bild des 2K Werkzeugs für Thermoplast-Silikon-Verbunde

Abmessungen [mm]	448 x 490
Formhöhe [mm]	396
Prüfungen	VDI Richtlinie 2019
Spritzgießmaschine	Krauss Maffei Multiinject KM 65/180/55 CX/V
Oberfläche	Poliert
Heißkanal/Kaltkanal	• Thermoplast: Stangenanguss • Silikon: Kaltkanal
Temperierung	• Thermoplast bis 140 °C Wassertemperiert • Silikon bis 400 °C

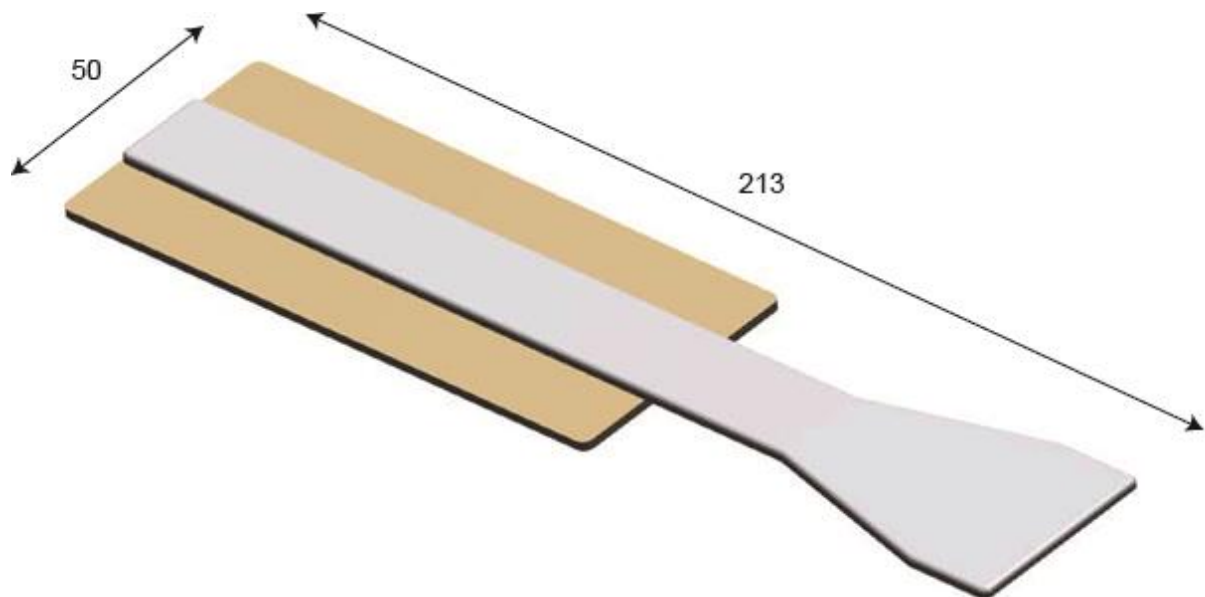


Abb.40: Probekörper für den Thermoplast-Silikon-Verbund für Abzugsversuche.

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.

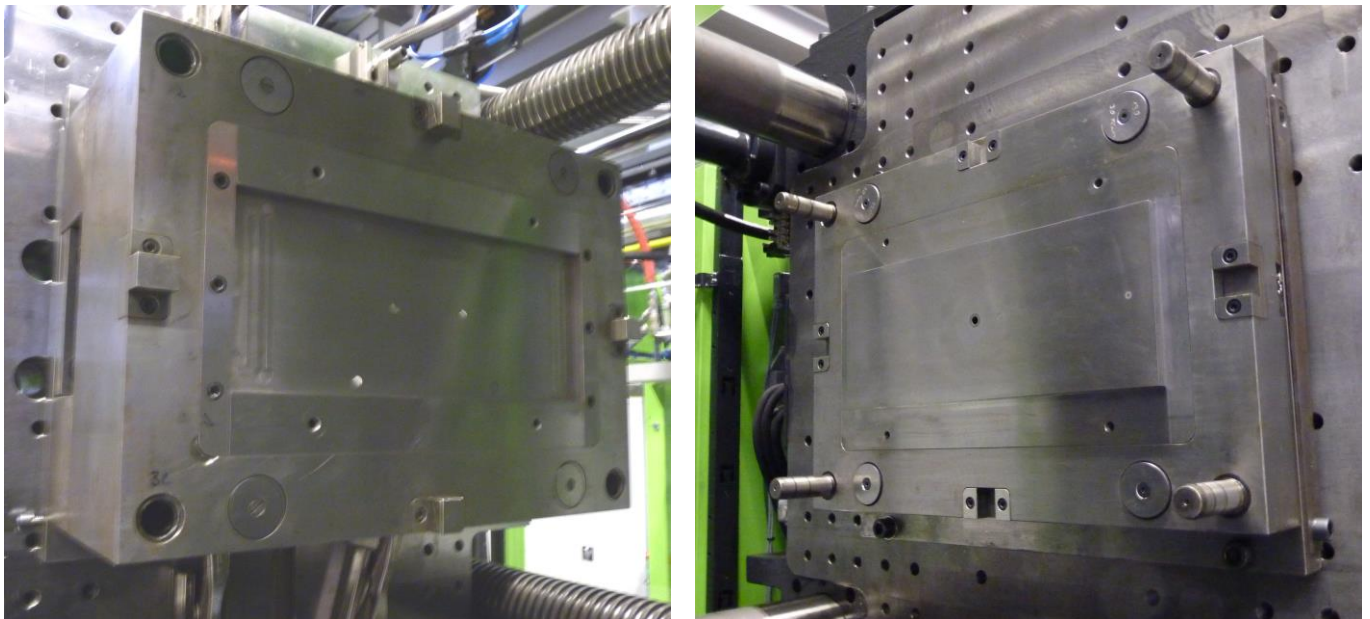


Abb.41: Platte 500 mm x 200 mm

Abmessungen [mm] L x B	600 x 700
Formhöhe [mm]	520 (Zentrierring 200 mm)
Spritzgießmaschine	Engel Duo 1350H/1350M/450 Combi
Oberfläche	Strichpoliert
Anguss	Stangenanguss (mittig)
Temperierung	Wasser bis 90 °C
Besonderheiten	• Tauchkante 14 mm • Prägehub verstellbar (Wandstärke 1,5/ 2,0/ 3,0/ 4,0/ 4,5/ 5,0 mm) • Drucksensorik (Angussnah und Angussfern)

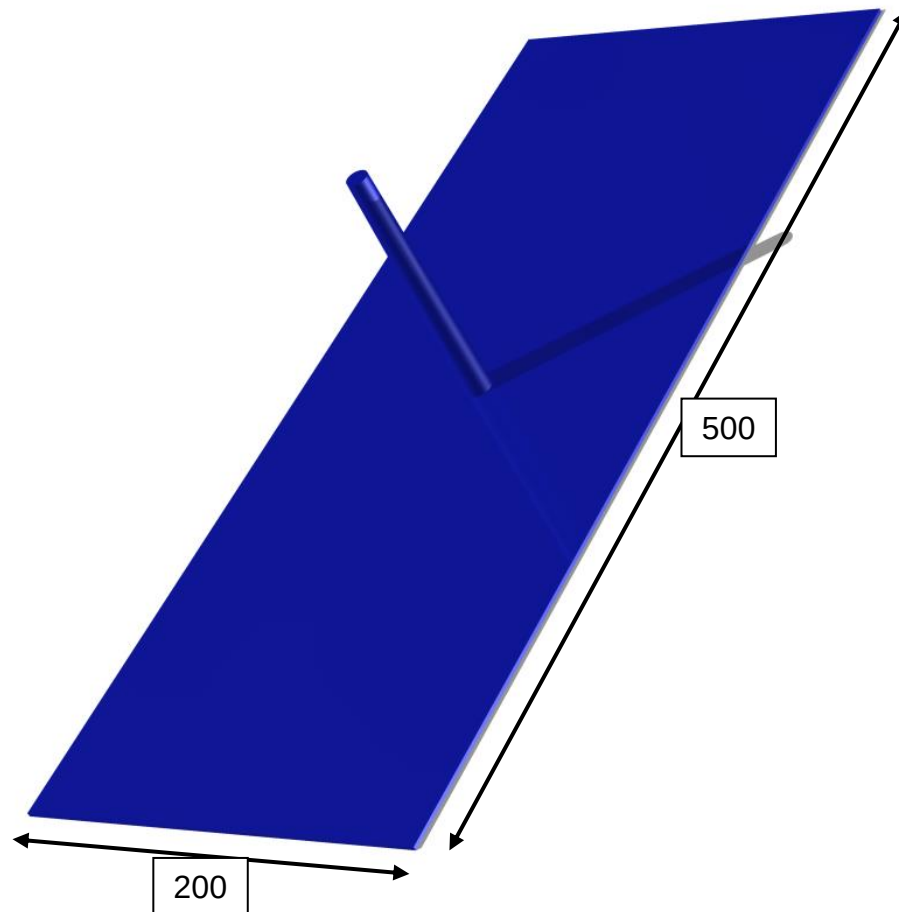


Abb.42: Abmessungen Platte 500 mm x 200 mm

6. Weitere Anlagen im Technikum

6.1. Heizpresse Fa. Lauffer Modell RMV 125/1

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 gewonnen 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.



Abb.43: Lauffer Heizpresse

Technische Daten Laufer Heizpresse	
Schließkraft [kN]	1250
Werkzeugaufspannplatten [mm]	762 x 762
Presshub [mm]	385
Schließeinheit	Hydraulisch
Max. Heiztemperatur [°C]	300
Verarbeitungsatmosphäre [mbar]	<101

6.1.1 „Plattenwerkzeug 210 mm x 210 mm“

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



Abb.44: Werkzeug Platte 210 mm x 210 mm

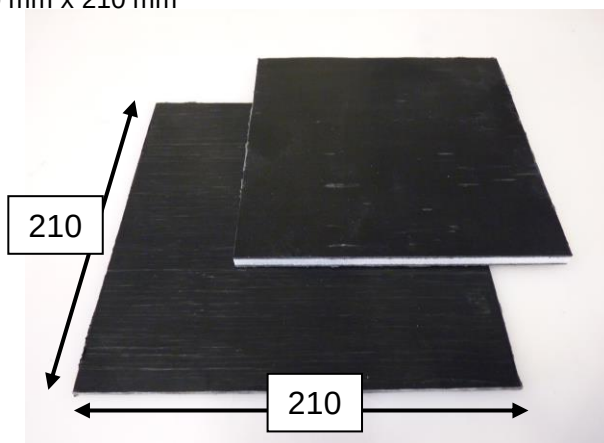


Abb.45: Pressteile aus Werkzeug Platte 210 mm x 210 mm

6.1.2 „Plattenwerkzeug 300 mm x 300 mm“

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



Abb.46: Werkzeug Platte 300 mm x 300 mm

6.1.3 „Werkzeug Stufenwanne“

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



Abb.46: Werkzeug Stufenwanne

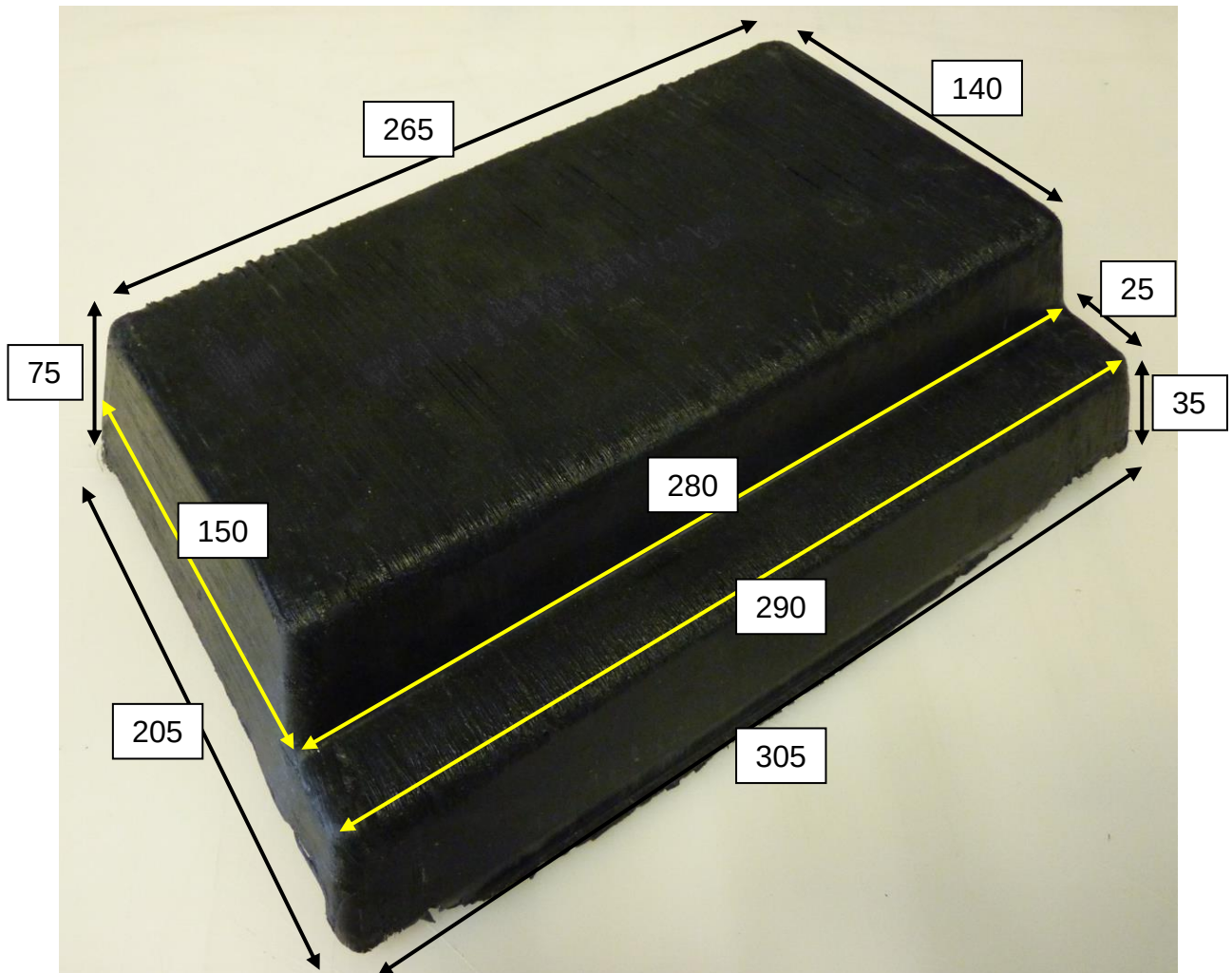


Abb.47: Pressteil (PP – GF) aus Werkzeug Stufenwanne

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>

Gruppenleiter Spritzgießen und Faserverbundwerkstoffe:

Dipl.-Ing. Mathias Mühlbacher
Tel. +49 (0) 921 507 36 112
E-Mail: mathias.muehlbacher@nmbgmbh.de

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. Volker Altstädt
Tel. +49 (0) 921 507 36 0
E-Mail: volker.altstaedt@nmbgmbh.de

Neue Materialien Bayreuth GmbH

Anfahrtsinformationen

Adresse

Neue Materialien Bayreuth GmbH
Gottlieb-Keim-Str. 60 – Eingang B
95448 Bayreuth

PKW

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

Zug ab Hauptbahnhof Bayreuth

1. Bus zur Zentralen Omnibushaltestelle ZOH.
2. Buslinie 311 nach Bayreuth-Wolfsbach nehmen, bei Haltestelle „Meyernreuth“ aussteigen.
3. ca. 400 m Fußweg den Berg hinauf.



Gebäude der Neue Materialien Bayreuth