

Vorlesungstermine

WS 13/14 – Di 15:45 Uhr bis 19:00 Uhr, V 47.02



Datum	Titel / Inhalt
29.10.13	Einleitung / Erforderliche Grundlagen
05.11.13	Verhalten in der Schmelze
12.11.13	Verhalten als Festkörper
19.11.13	Gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften / Kunststoffaufbereitung
26.11.13	Einflüsse auf die Eigenschaften
03.12.13	Einführung in die Extrusion
10.12.13	Einführung in das Spitzgießen
17.12.14	Verarbeitung von vernetzenden Formmassen / Faserkunststoffverbunde
<i>Vorlesungsfreie Zeit: 23.12.13 bis 06.01.14</i>	
07.01.14	Einführung in die Weiterverarbeitung
14.01.14	Einführung in das Konstruieren mit Kunststoffen
21.01.14	Kunststoffe und Umwelt
<i>Prüfungsvorbesprechung; Prüfung</i>	

Vorherige Vorlesung

Einführung: Kunststoffverarbeitung – Extrusion

Bestehen Fragen zum vorherigen Vorlesungstermin?



Kunststofftechnik

Verarbeitungstechnik:

Spritzgießen

Institut für Kunststofftechnik
Böblinger Straße 70
70199 Stuttgart

Lernziele

Spritzgießen und Sonderverfahren



Nach dieser Veranstaltung sollten Sie ...

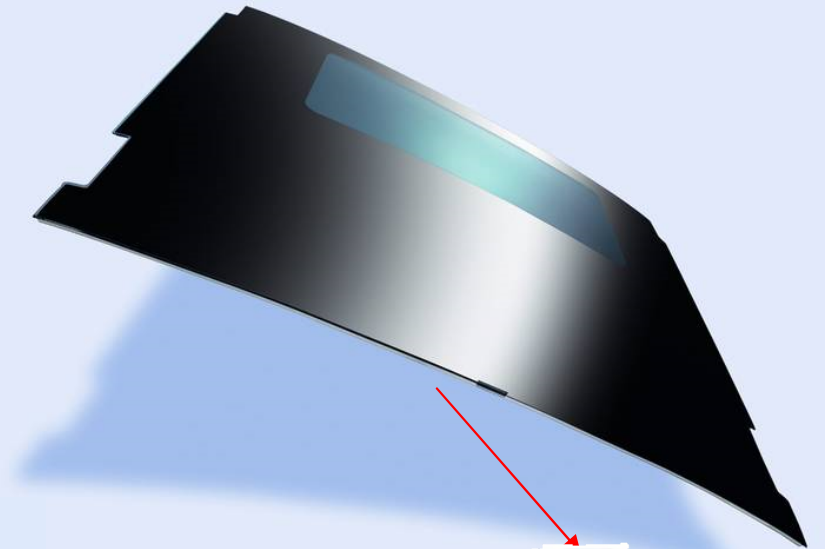
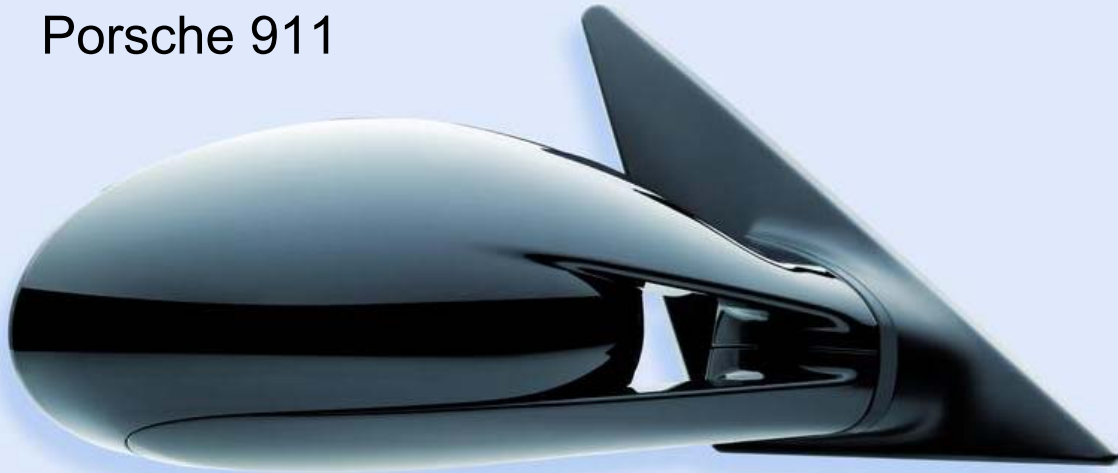
- die Verfahrensschritte des Spritzgießverfahrens erklären
- die Aufgaben der Spritzgießmaschinenkomponenten erläutern
- die Anforderungen an Spritzgießwerkzeuge aufzeigen
- Sonderverfahren im Spritzgießprozess aufzeigen und erläutern

...können.

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen



Porsche 911

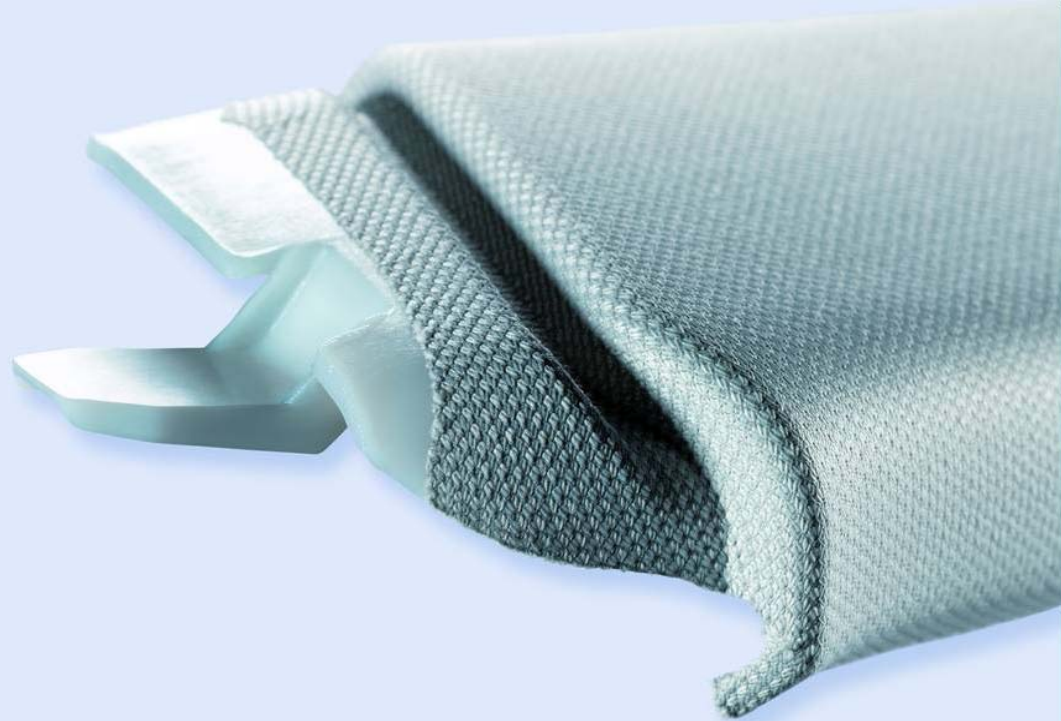
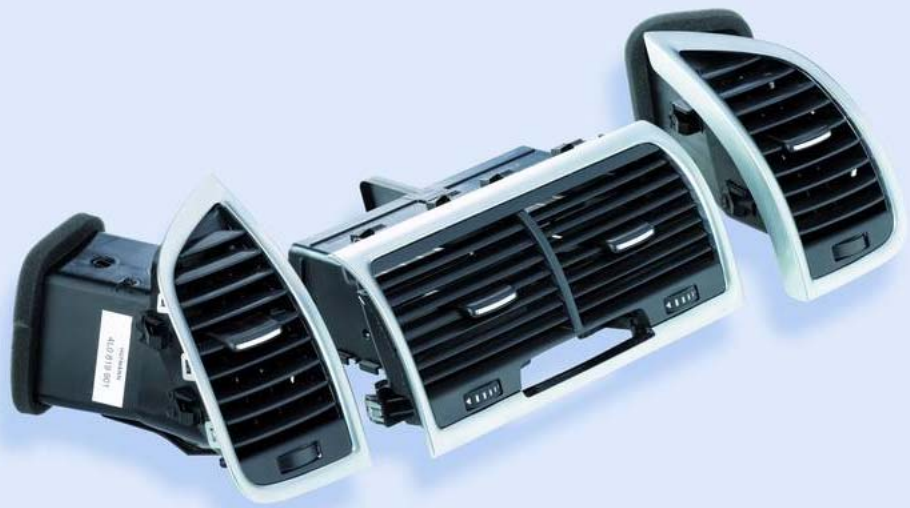


Mercedes GL



Audi A3







Kunststoffbauteile unter komplexer Beanspruchung

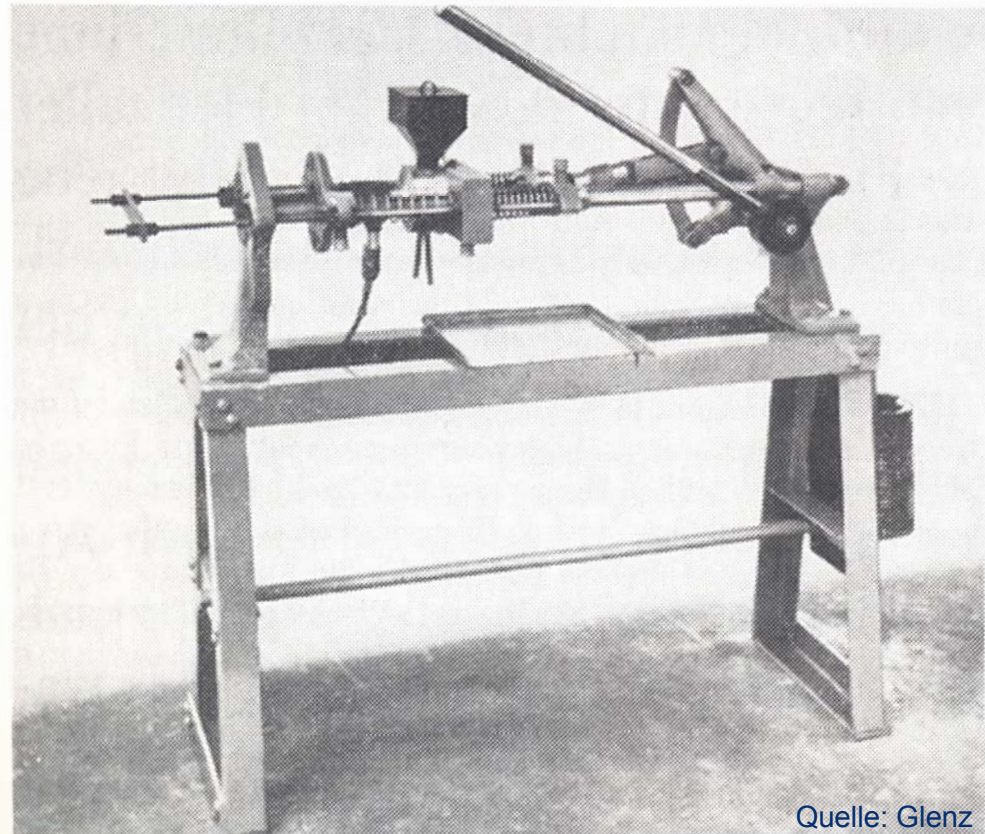
Beispiel: Drehmomentstütze



Einführung in den Spritzgießprozess

Geschichtliches

- 1872 Stopfmaschine von J.W. Hyatt, USA zur Verarbeitung von einer Mischung aus Nitrozellulose und Kampfer
- 1921 Erste namentliche Spritzgießmaschine als Kolbenmaschine
- 1926 Erste serienmäßig hergestellte Spritzgießmaschine von Eckert und Ziegler:
pneumatische Einspritzung und Werkzeugbewegung von Hand über Kniehebel



Quelle: Glenz

Einführung in den Spritzgießprozess

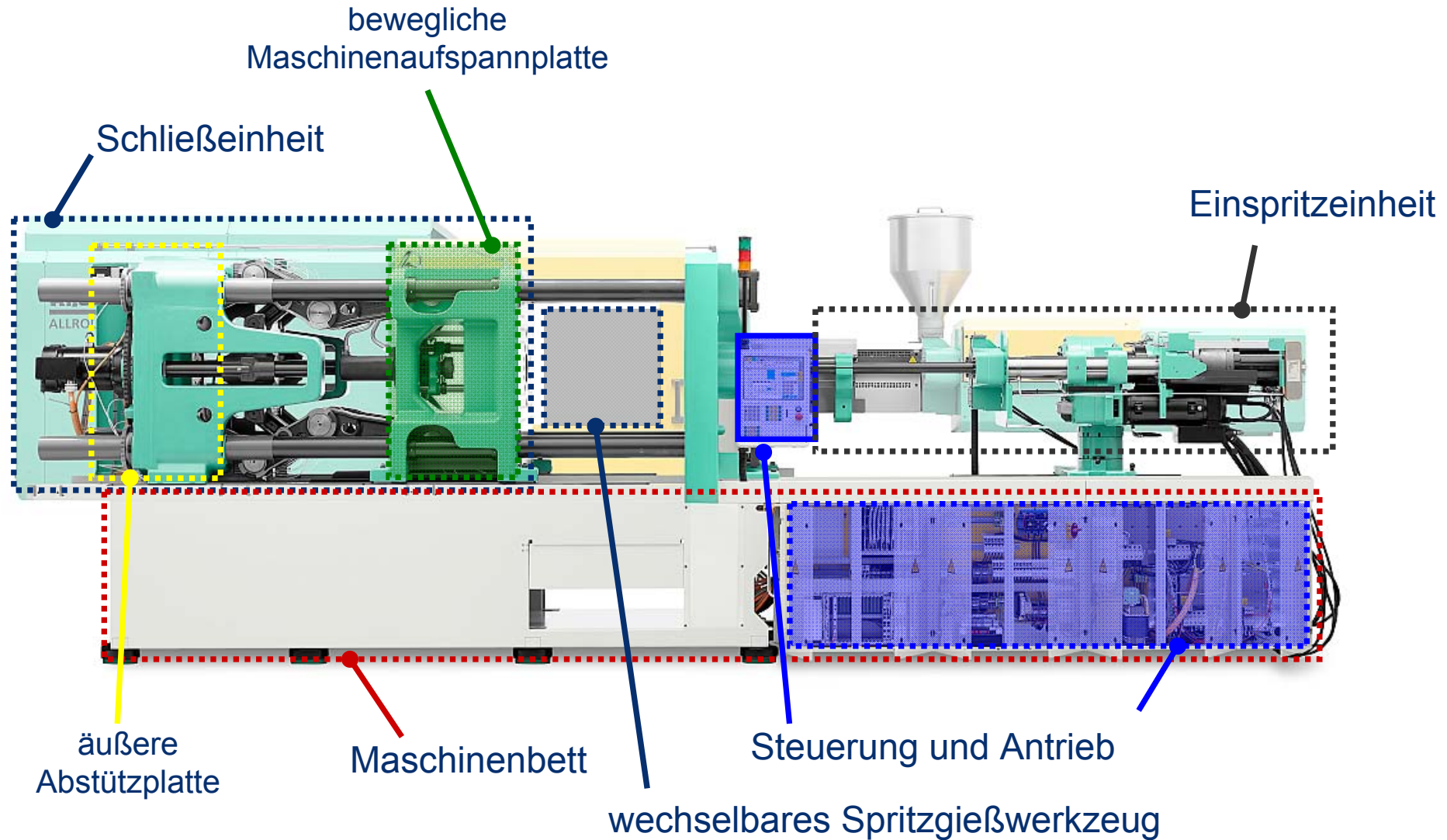
Allgemeine Merkmale



- Serienverfahren zur Herstellung von Kunststoffprodukten benötigen grundsätzlich ein Werkzeug zur Formgebung.
- Diese Werkzeuge sind meist derart „robust“ ausgelegt, dass mehrere hunderttausend Produkte darauf verschleißarm hergestellt werden können.
- Serienverfahren rentieren sich, wenn große Serien bzw. große Stückzahlen gefertigt werden.
- Im Spritzgießprozess können Duromere, Elastomere und Thermoplaste verarbeitet werden.
- Werden Thermoplaste verarbeitet, so geschieht dies meist im Temperaturbereich von ca. 200 bis ca. 300 °C.

Aufbau und Komponenten von Spritzgießmaschinen

Hauptkomponenten einer Spritzgießmaschinen

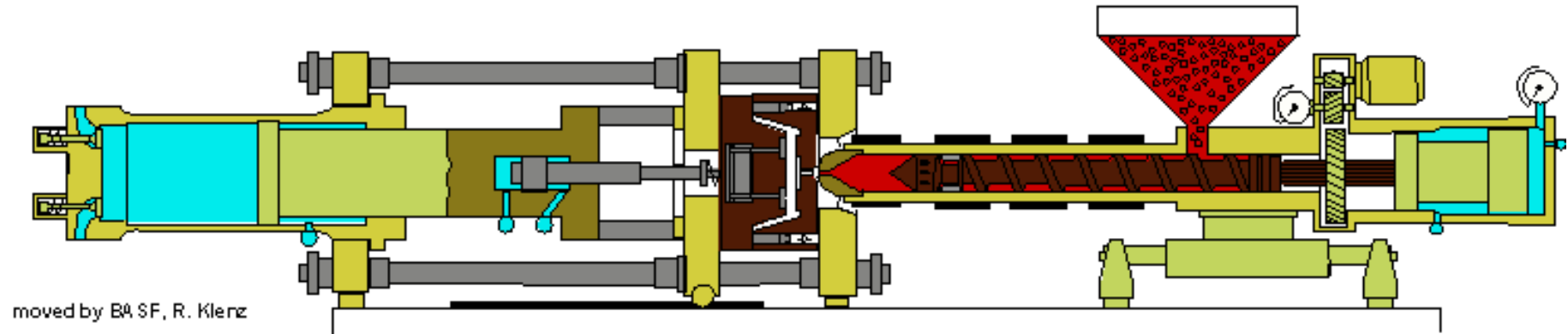


Quelle: Arburg

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - **Der Spritzgießprozess**
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Einführung in den Spritzgießprozess

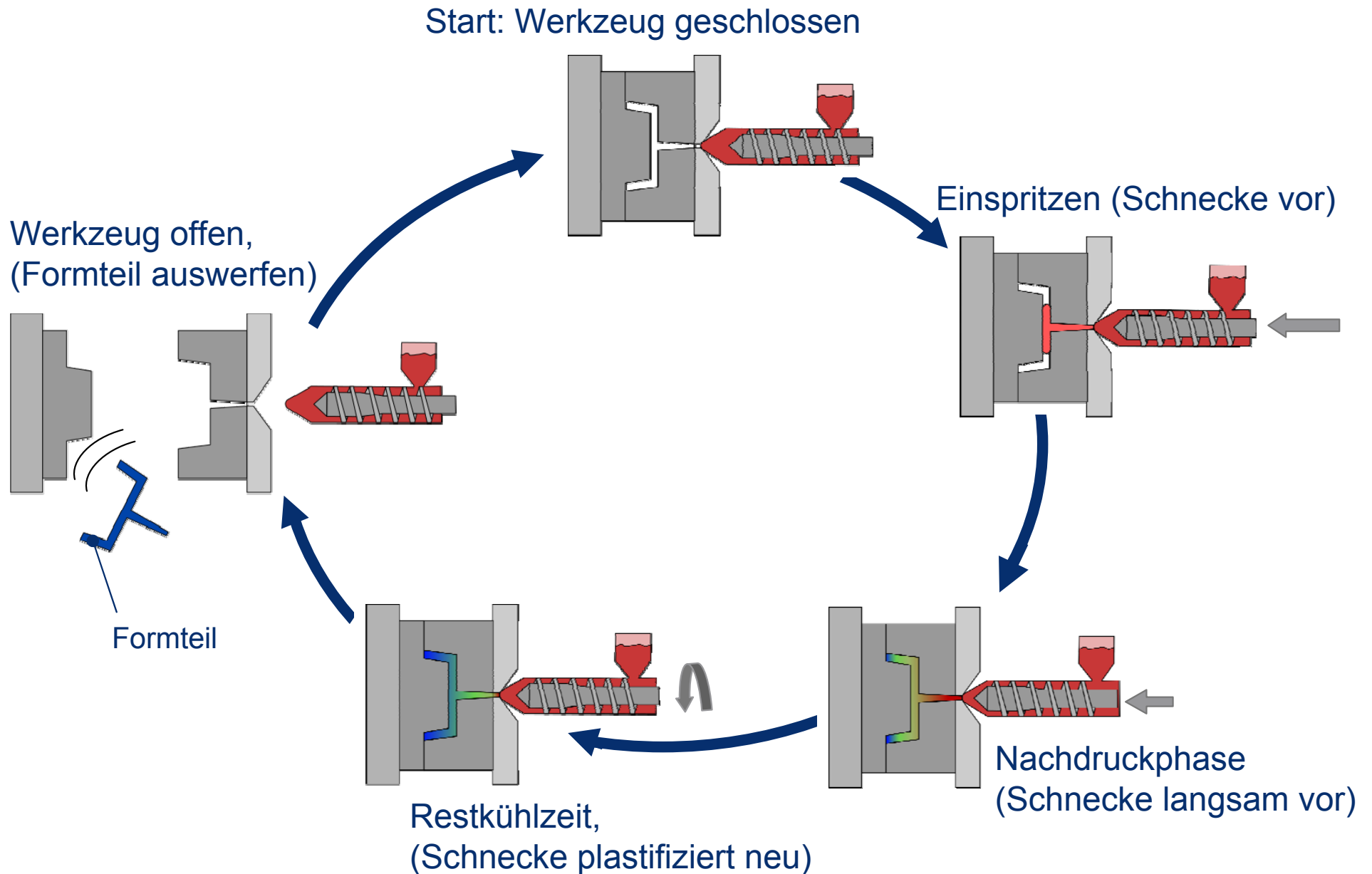
Zyklusablauf



Quelle: BASF

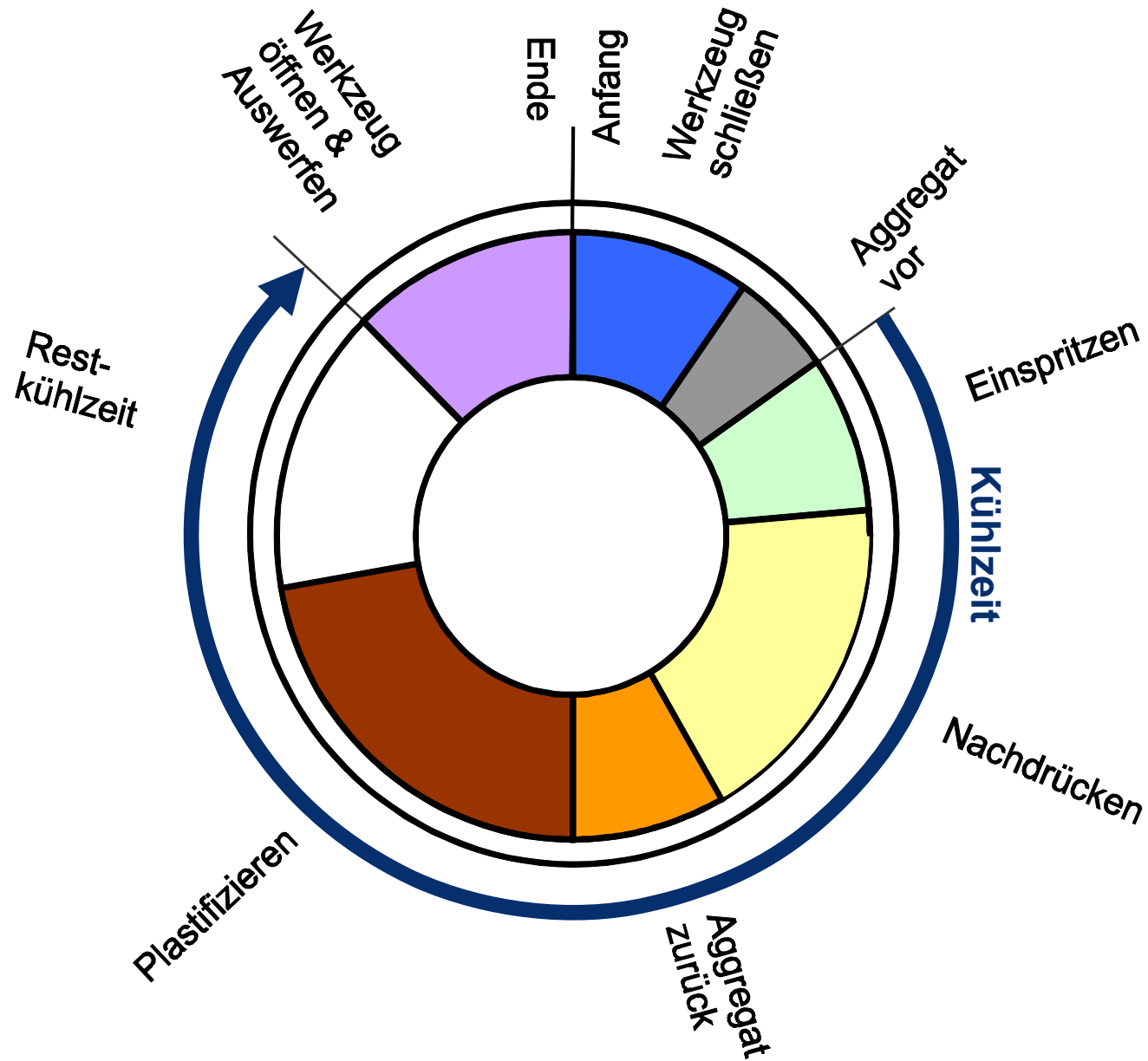
Zyklusablauf Spritzgießen

Verfahrensablauf eines Spritzgießzyklus



Zyklusablauf Spritzgießen

Vorgehensweise eines Spritzgießzyklus



Zyklusablauf Spritzgießen

Animation eines Spritzgießzyklus



Quelle: Engel

Lernstopp

Verständnisfragen

- Was sind die wesentlichen Merkmale des Spritzgießverfahrens (Stichwort: Rentabilität)?
- Aus welchen Hauptkomponenten besteht eine Spritzgießmaschine?
- Welche Phasen durchläuft ein Spritzgießzyklus?

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - **Das Plastifizier- und Einspritzaggregat**
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Plastifizier- und Einspritzaggregat

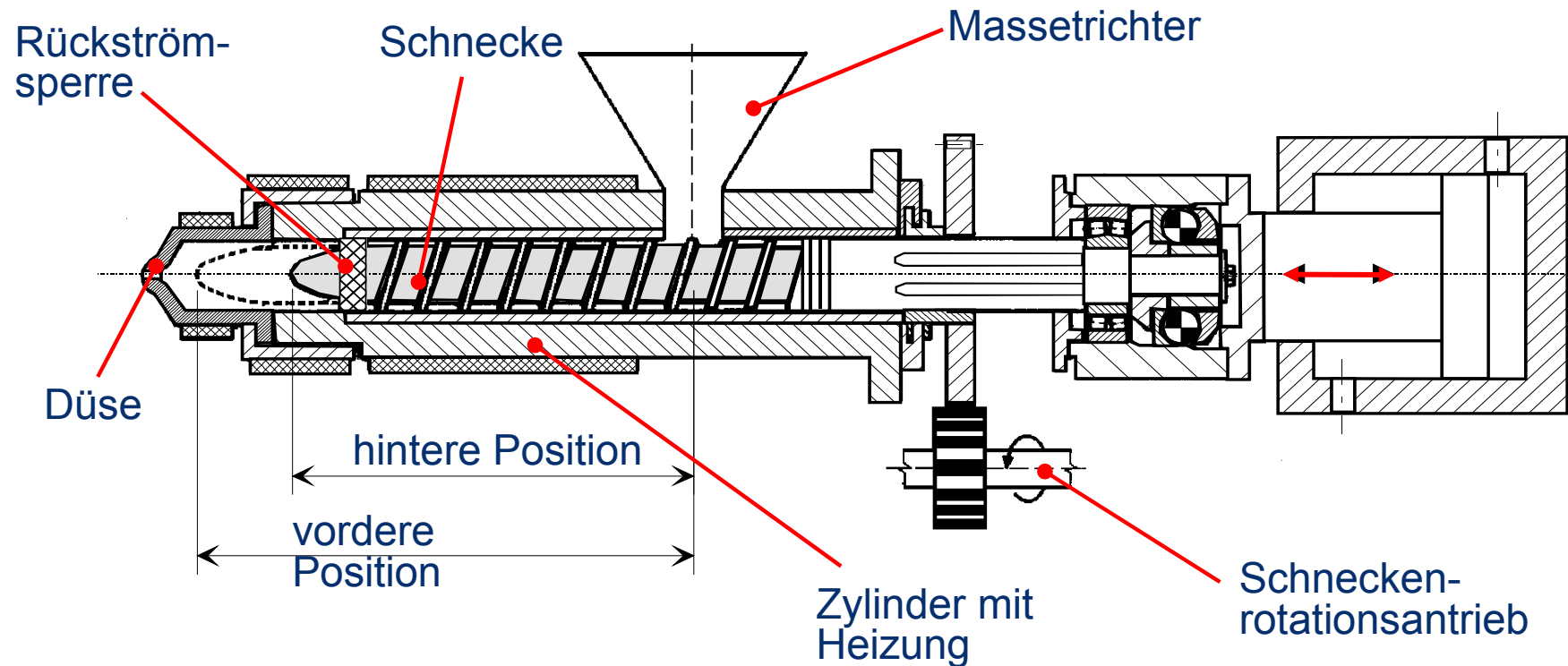
Einführung



Quelle: Netstal

Plastifizier- und Einspritzaggregat

Aufbau und Aufgaben



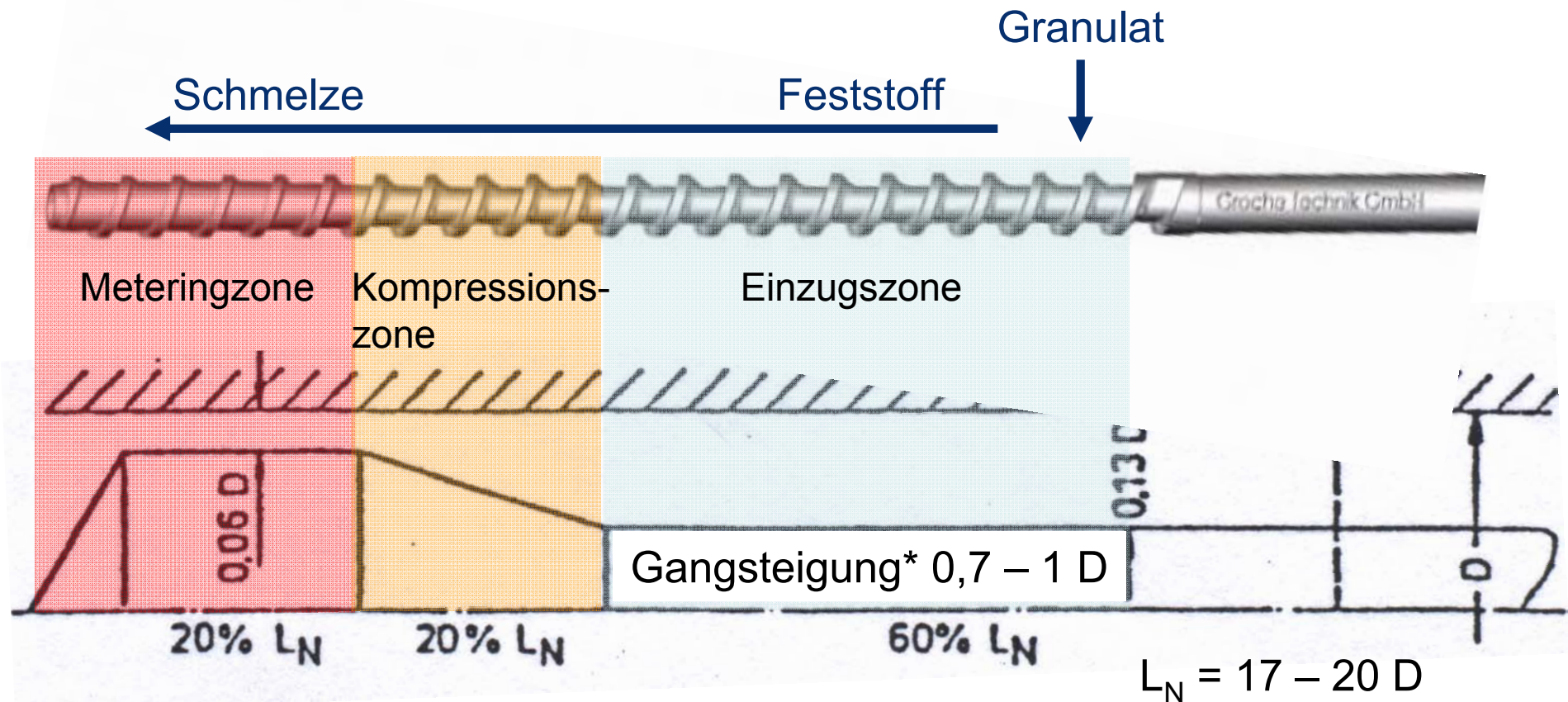
Aufgaben

- Fördern, aufschmelzen und homogenisieren des Kunststoffs (Rotation)
- Speichern der Kunststoffschmelze
- Einspritzen der Kunststoffschmelze in das Werkzeug (axiale Bewegung)
- Nachdrücken zur Schwindungskompensation des Formteils (axiale Bewegung)

- In der Einspritzphase wird das Werkzeug mit der Schmelze gefüllt
- Das Einspritzen wird durch weggeregeltes axiales Verschieben der Schnecke im Plastifizierzylinder erreicht.
- Die hohe Viskosität von Kunststoff erfordert hohe Drücke beim Füllen der Kavität (bis ca. 3000 bar).
- Die niedrige Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen erlaubt ein Fließen der heißen Schmelze im „kalten“ Werkzeug, bevor sie in der endgültigen Position erstarrt.
- Schon mit Beginn des Einspritzens beginnt die Kühlzeit!

Meist verwendeter Schneckentyp beim Spritzgießen

→ Drei-Zonen-Standard Schnecke

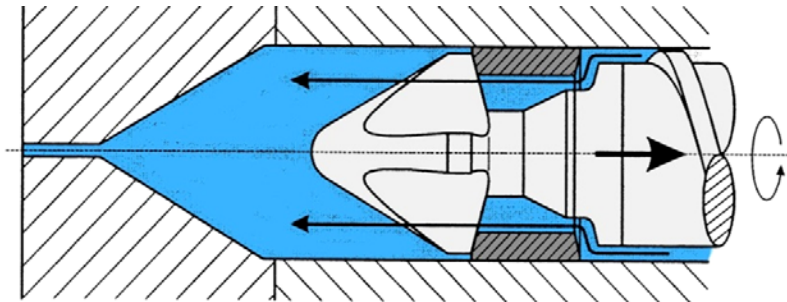


*) kleine Gangsteigungswerte werden mit den kurzen Schneckenlängen L_N kombiniert

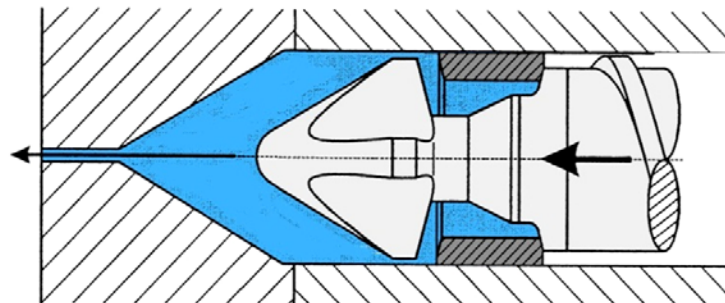
Plastifizier- und Einspritzaggregat

Rückströmsperre

- Die Rückströmsperre soll verhindern, dass trotz des hohen Drucks (bis ~3000 bar) während des Einspritzens und Nachdrückens Schmelze zurück in die Schneckengänge gedrückt wird; sie muss geschlossen sein.
- Während des Dosiervorgangs hingegen muss die Schmelze möglichst ungestört in den Schneckenorraum gelangen, die Rückströmsperre muss sich öffnen.



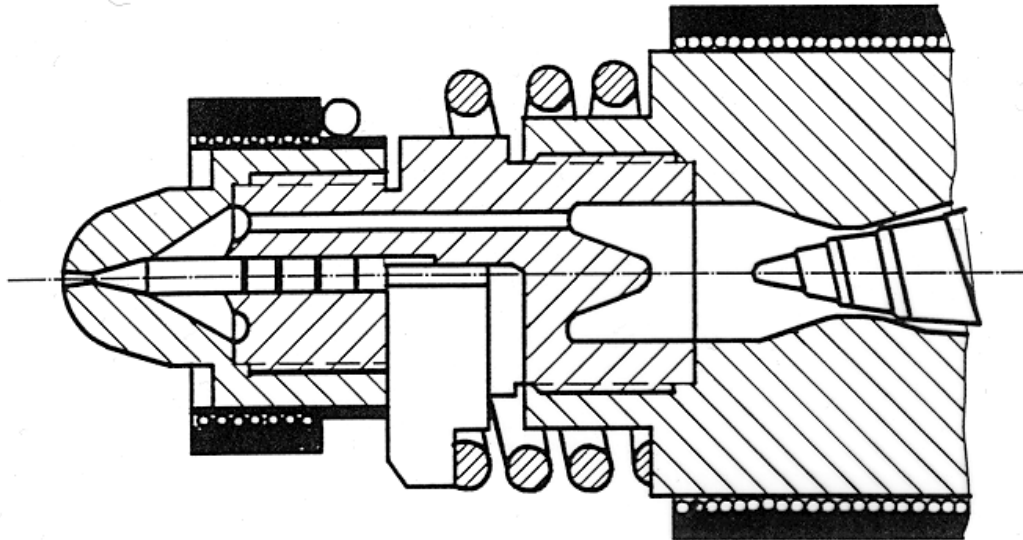
Ringrückströmsperre ist während des Dosierens geöffnet.



Durch die schnelle Vorwärtsbewegung und den hohen Druck im Schneckenorraum wird die Rückströmsperre während des Einspritzens geschlossen.

Plastifizier- und Einspritzaggregat

Verschlussdüsen (Nadelverschlussdüse – federbelastet)



z.B. Nadelverschlussdüse – federbelastet

- Für niedrigviskose Schmelzen (z.B. PA) unbedingt erforderlich.
 - Dosieren kann auch nach Wegfahren der Plastifiziereinheit (Düse) von der Angussbuchse erfolgen.
- weniger Wärmeübertragung zum kalten Werkzeug und somit Energieeinsparung, außerdem sind die Werkzeuge temperaturhomogener

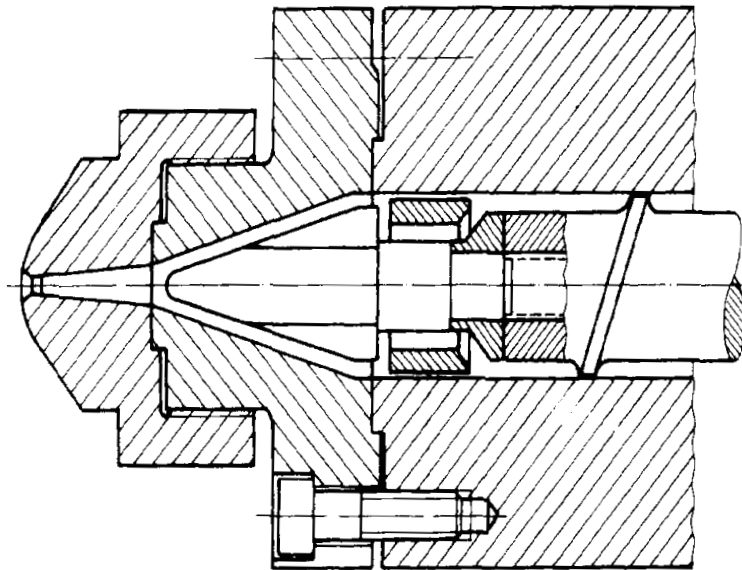
Plastifizier- und Einspritzaggregat

Offene Einspritzdüse

- Für hochviskose und temperaturempfindliche Kunststoffe (PVC, PC)
- Düsenbohrung 3 - 8 mm (bis 15 mm bei großen Maschinen)

Vorteil:

- Glatte Bohrung → leicht zu reinigen und zu spülen, strömungstechnisch günstig, geringe Gefahr der thermische Zersetzung



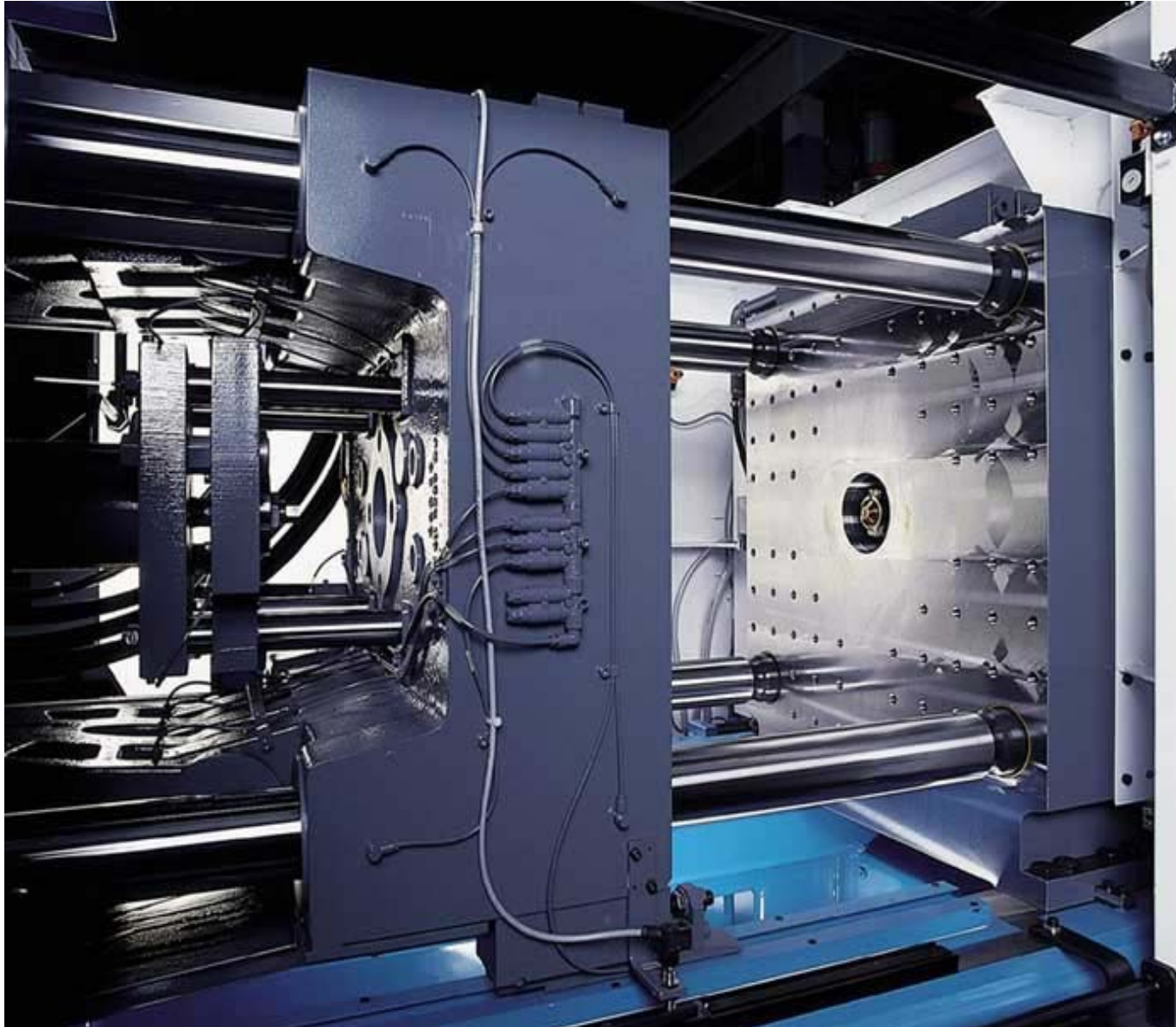
Nachteil:

Dosieren für den nächsten Einspritzvorgang kann erst erfolgen, wenn der Anguss ebenfalls erstarrt ist. Nach Dosieren kann dieser erst von Angussbuchse getrennt werden.

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Prozess-Struktur-Eigenschaften – Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Schließereinheit

Einführung

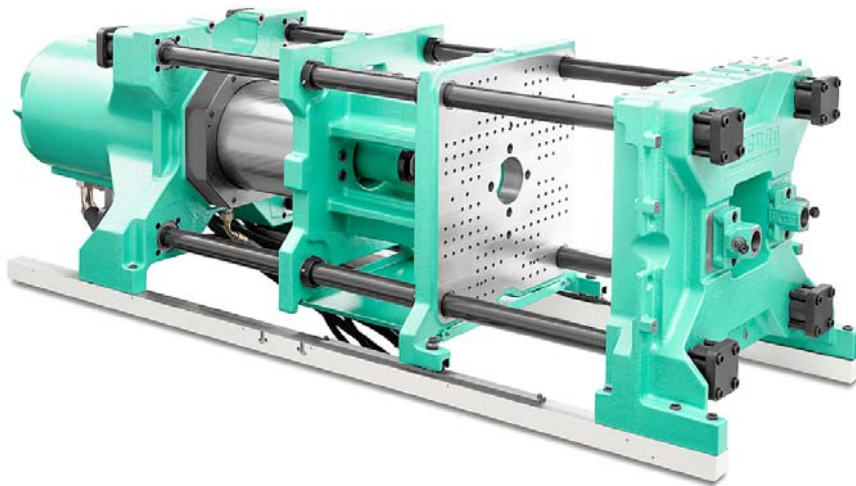


Quelle: Netstal

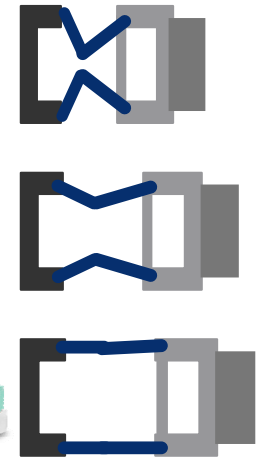
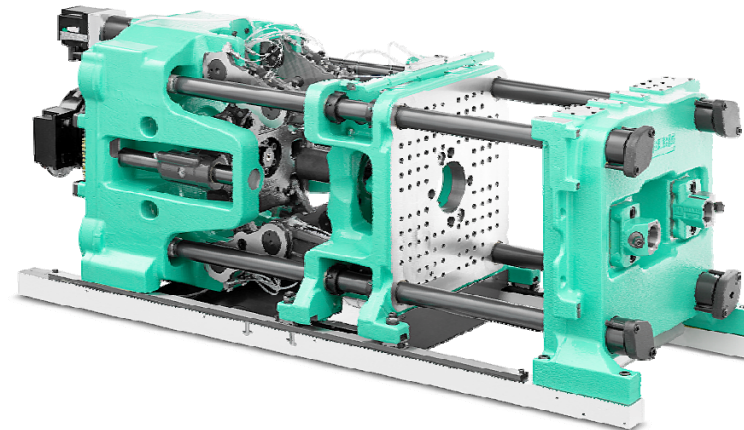
Schließereinheit

Hauptbewegungsachse

Vollhydraulische Schließereinheit



Schließereinheit mit Kniehebel (elektrisch oder hydraulisch)



Aufgaben der Schließereinheit

- Aufnahme des geteilten Werkzeuges und dessen Zuhaltung gegen den Füll-
druck und Nachdruck der eingespritzten Formmasse
- Öffnungs- und Schließbewegung des Werkzeuges zur Entfernung des
Spritzgussteiles

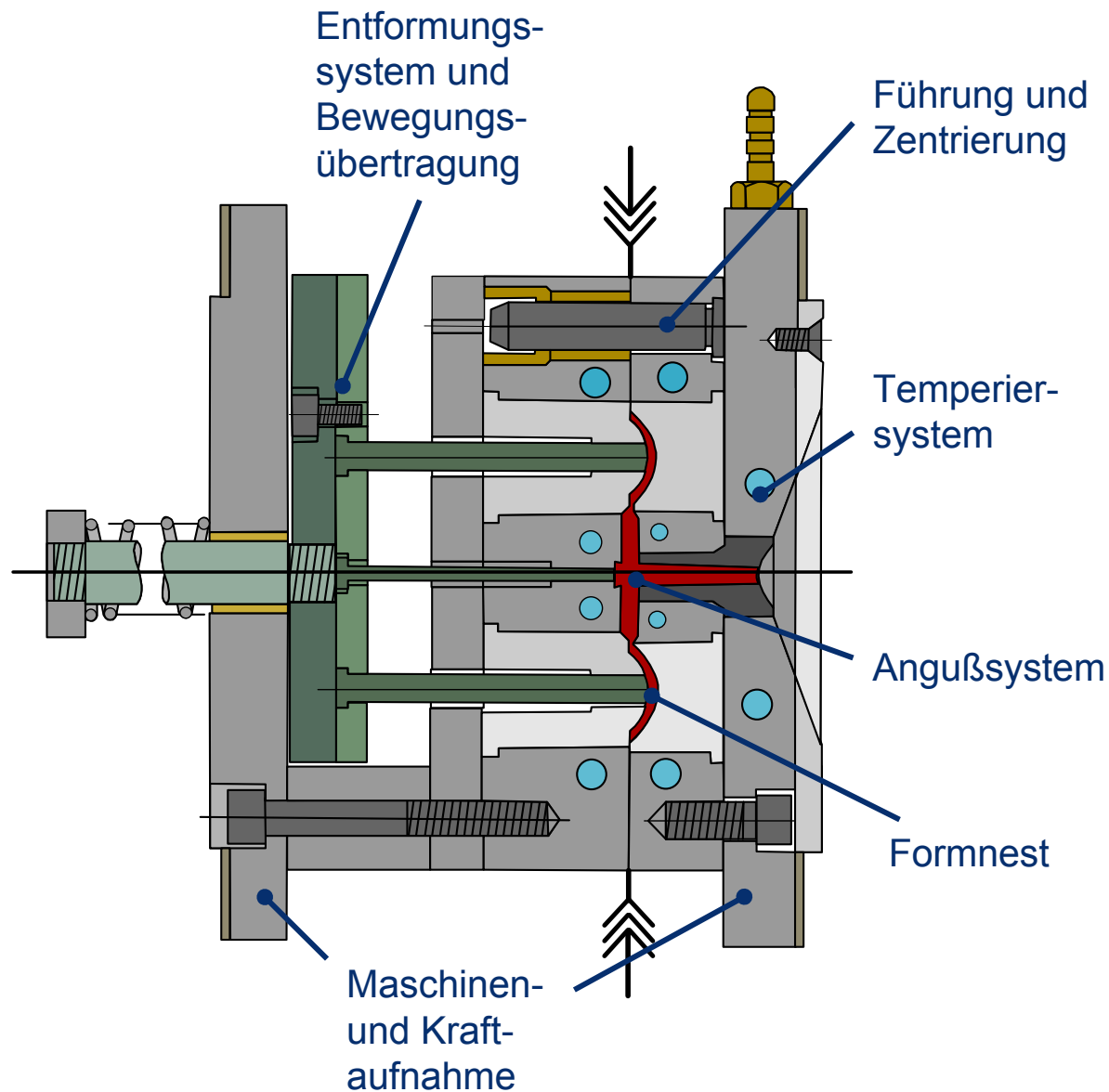
Quelle: Arburg

- Welche Aufgaben hat das Plastifizier- und Einspritzaggregat einer Spritzgießmaschine?
- Welcher wesentliche Unterschied des Schneckenkonzeptes besteht zur Einschneckenextrusion?
- Warum wird das Plastifizieraggregat vor bzw. nach dem Plastifizieren von der Angussbuchse abgehoben?
- Welche Bauformen von Verschlussdüsen gibt es?
- Welche Aufgaben besitzt eine Spritzgießmaschinen-Schließereinheit?

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Spritzgießwerkzeuge

Auflgliederung eines Linsenwerkzeuges in Funktionskomplexe



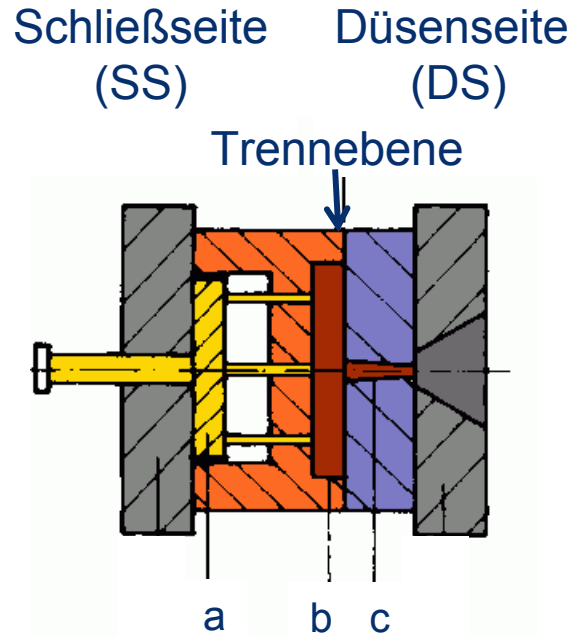
Folgende Funktionen hat ein Werkzeug zu erfüllen:

Funktionskomplexe:

- Schmelze verteilen (Angussystem)
- Form geben (Formnest)
- Kühlen/Heizen
- Befestigung an Maschinenaufspannplatten und Kraftaufnahme
- Entformen (Entformungssystem)

Spritzgießwerkzeuge

Beispiel zur Unterteilung; Normalwerkzeug

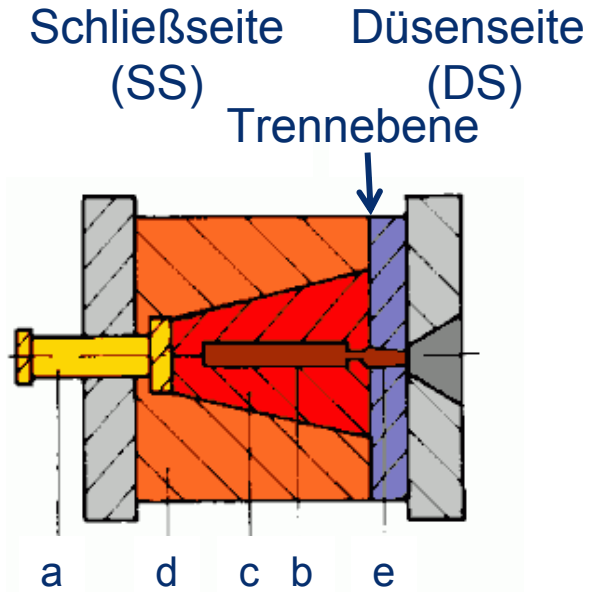


Bezeichnung	Kriterien für die Bezeichnung
wichtige Elemente	a: Entformungssystem b: Formnest c: Angusskanal
charakteristische Beschreibung	einfachste Bauweise; zwei Werkzeughälften; eine Teilebene; Öffnungsbewegung in eine Richtung; Entformung durch Schwerkraft, Hülse oder Stifte
Formteile	für Formteile aller Art ohne Hinterschneidung
Öffnungsrichtung	(1) ←

(1) Hauptöffnungsbewegung, Führungsbewegung

Spritzgießwerkzeuge

Beispiel zur Unterteilung; Backenwerkzeug



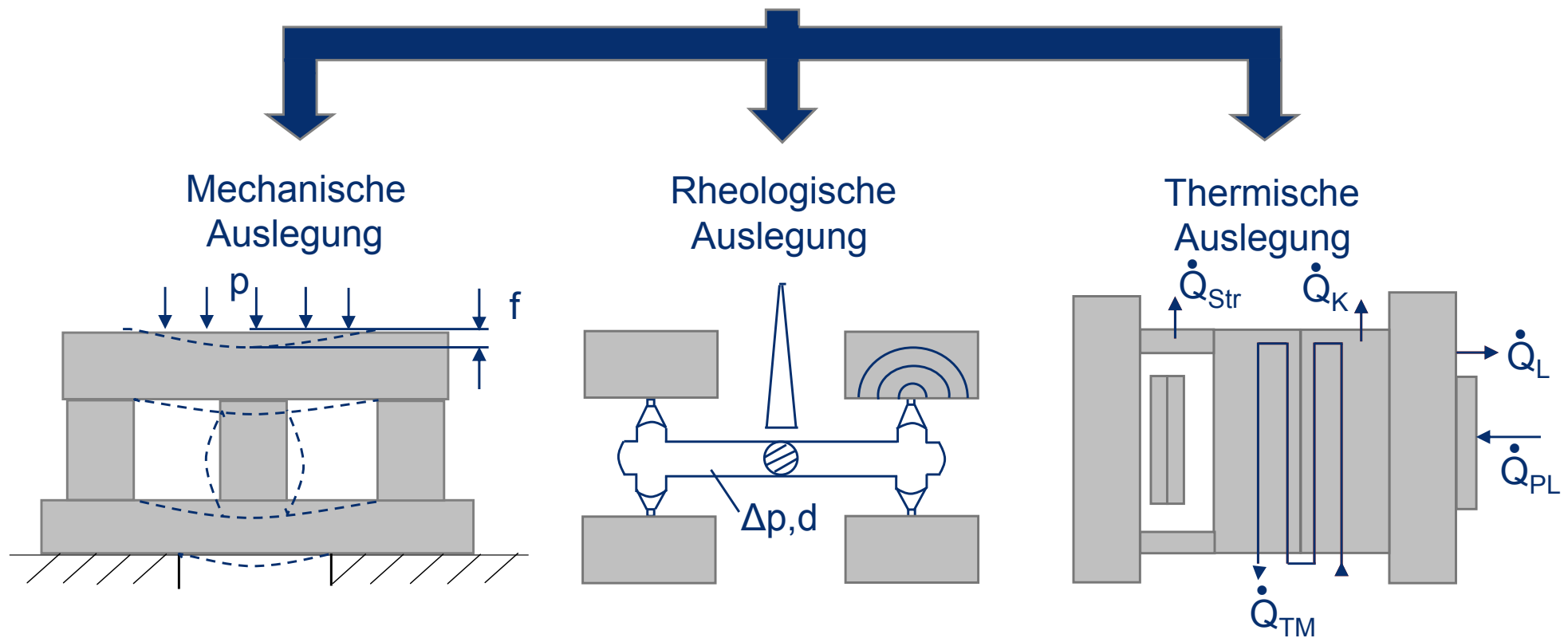
Bezeichnung	Kriterien für die Bezeichnung
wichtige Elemente	a: Entformungssystem b: Formnest c: Angusskanal d: Backenführungsplatte e: Backe
charakteristische Beschreibung	Aufbau ähnlich dem Normalwerkzeug; jedoch mit zusätzlichen Backen für Teile mit Hinterschneidung oder äußerem Gewinde
Formteile	Für längere und breite Teile mit Hinterschneidung
Öffnungsrichtung	(3)

(1) Hauptöffnungsbewegung, Führungsbewegung

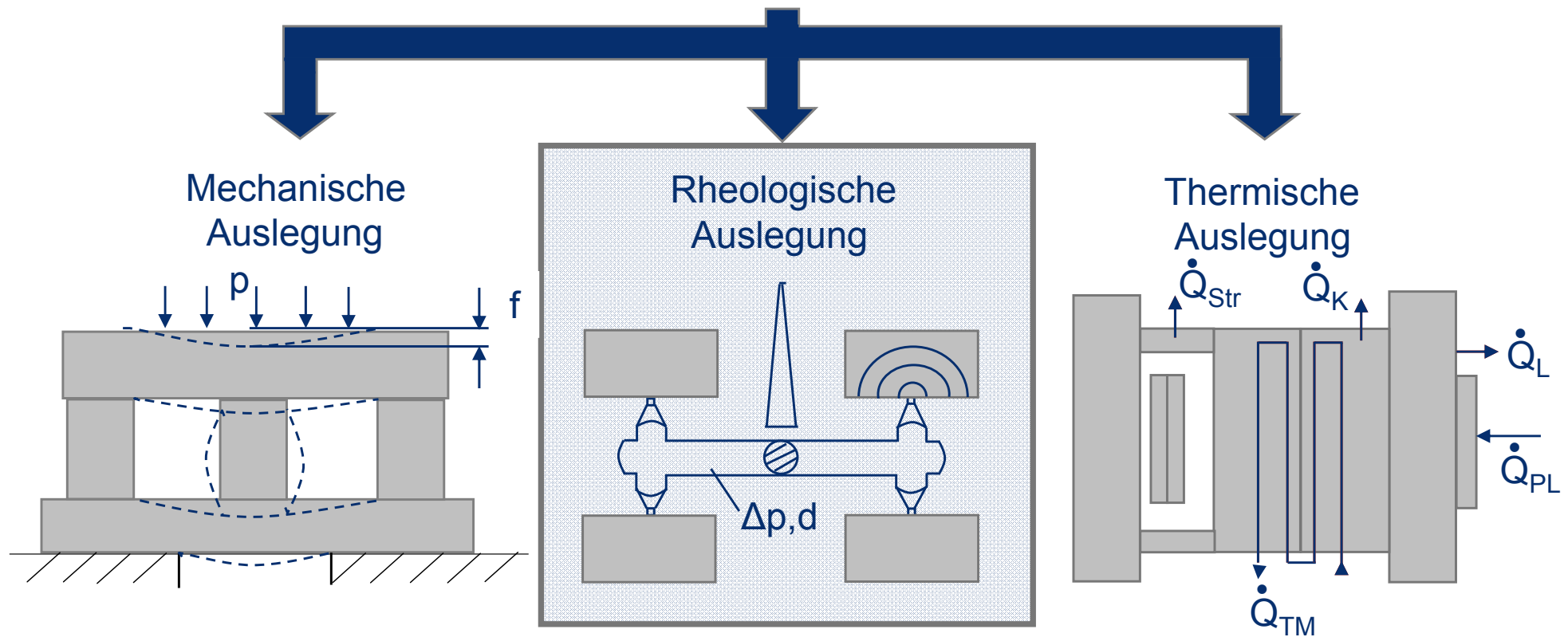
(2) Bewegung zwischen Führung und Seitenteil, Relativbewegung

(3) Bewegung des Seitenteils während der Entformung, Absolutbewegung

Anforderungen an Spritzgießwerkzeuge

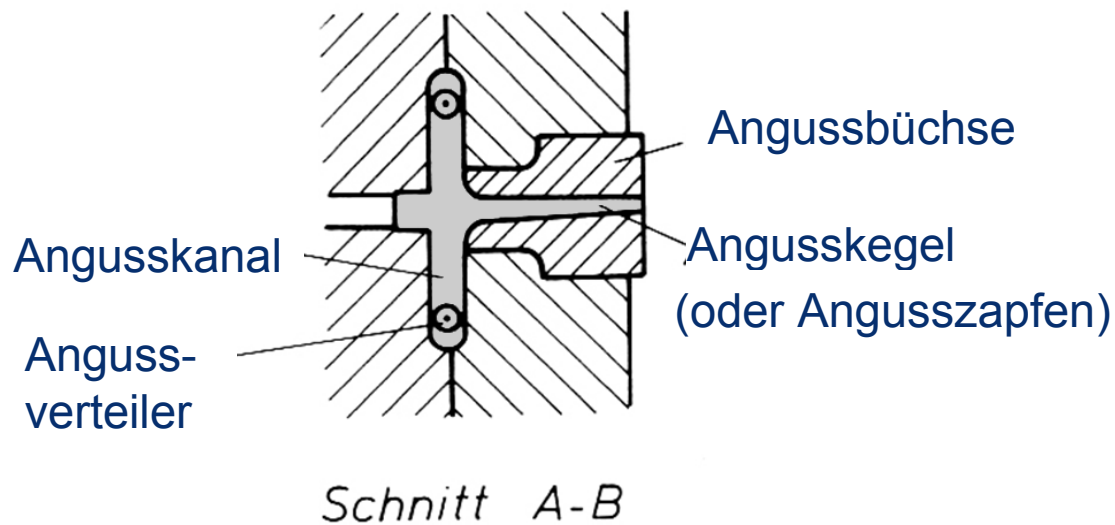
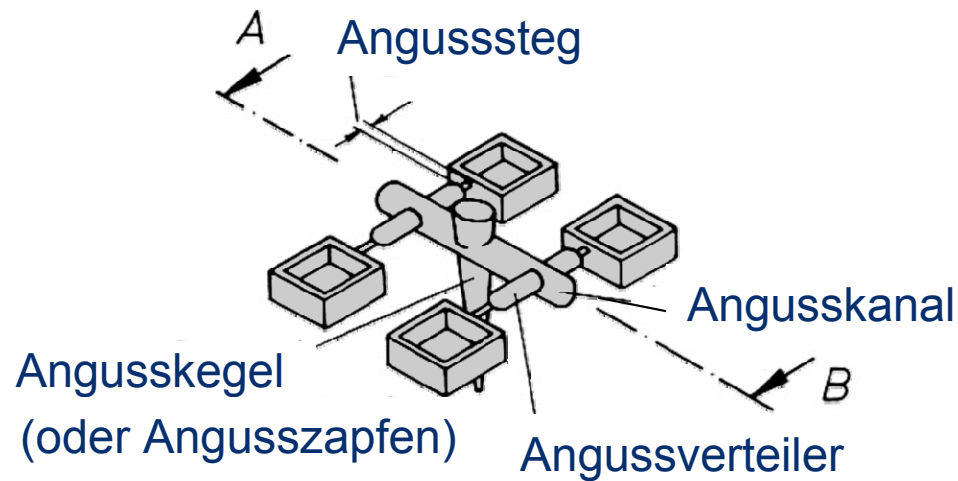


Anforderungen an Spritzgießwerkzeuge



Rheologische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

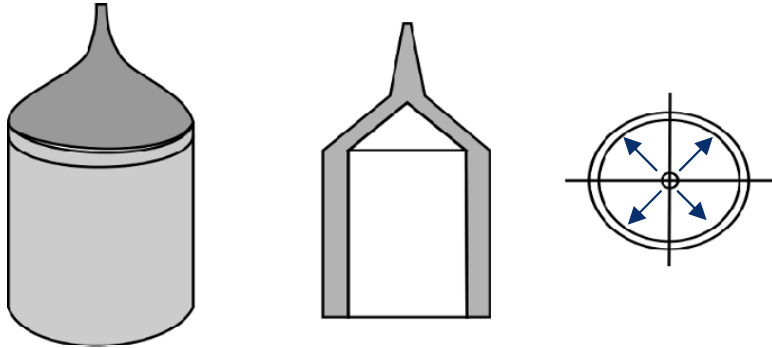
Bezeichnungen am Kaltkanal - Angussystem



Rheologische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

Beispiel diverser Angussformen

Schirm- oder Trichteranguss



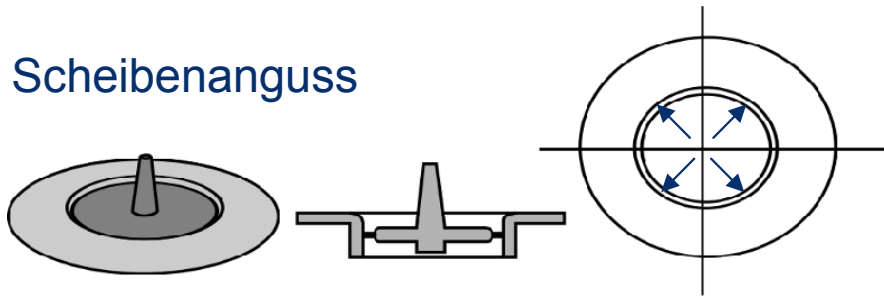
Beispiel:

Unterschiedliche Angussvarianten für symmetrisches Bauteil möglich

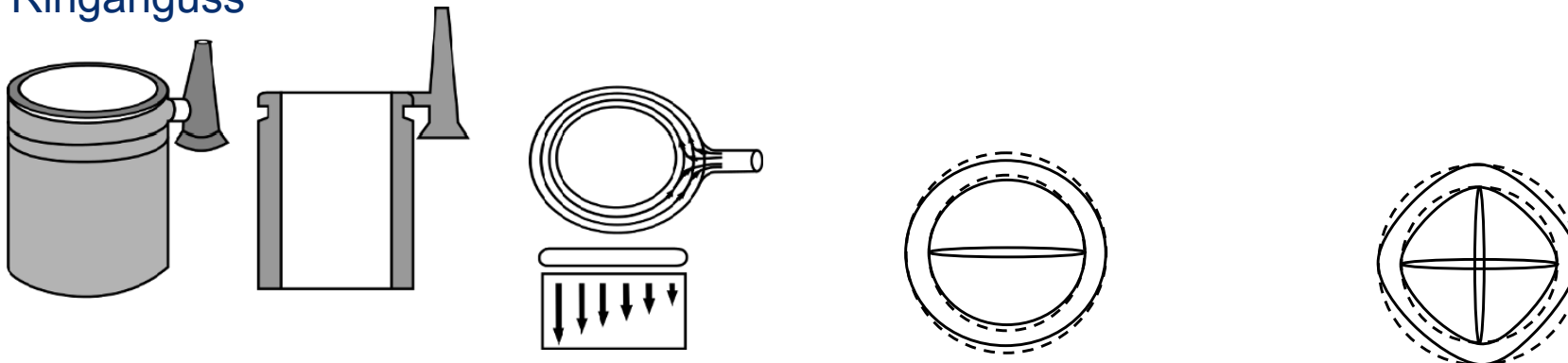
Vor-/ Nachteile sind für den jeweiligen Anwendungsfall abzuwägen z.B.

- Abfallvolumen (Angussvolumen)
- Sichtbarkeit von Bindenähten
- Füllstoff-/Faserorientierungen

Scheibenguss

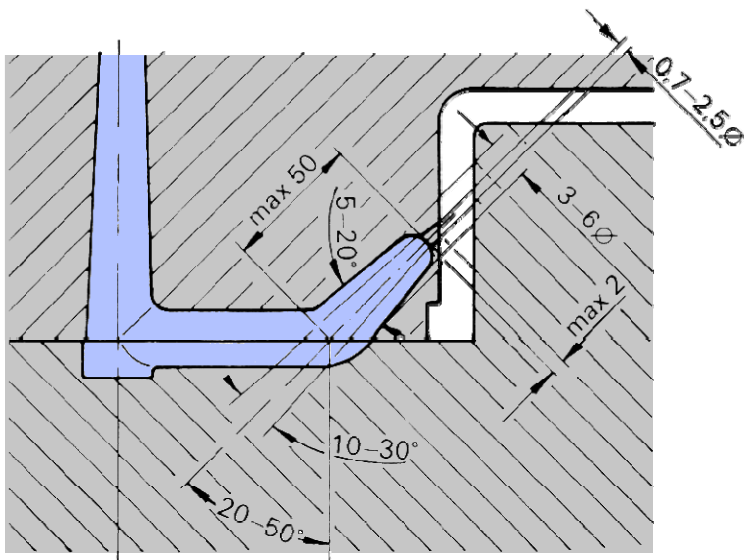


Ringanguss

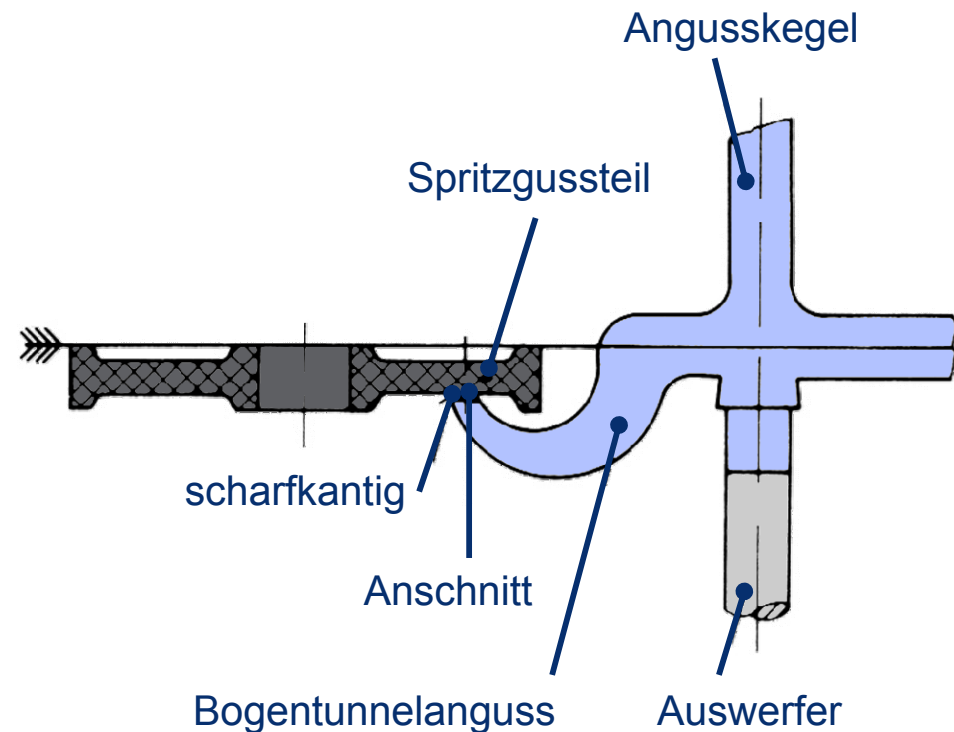


Tunnelanguss

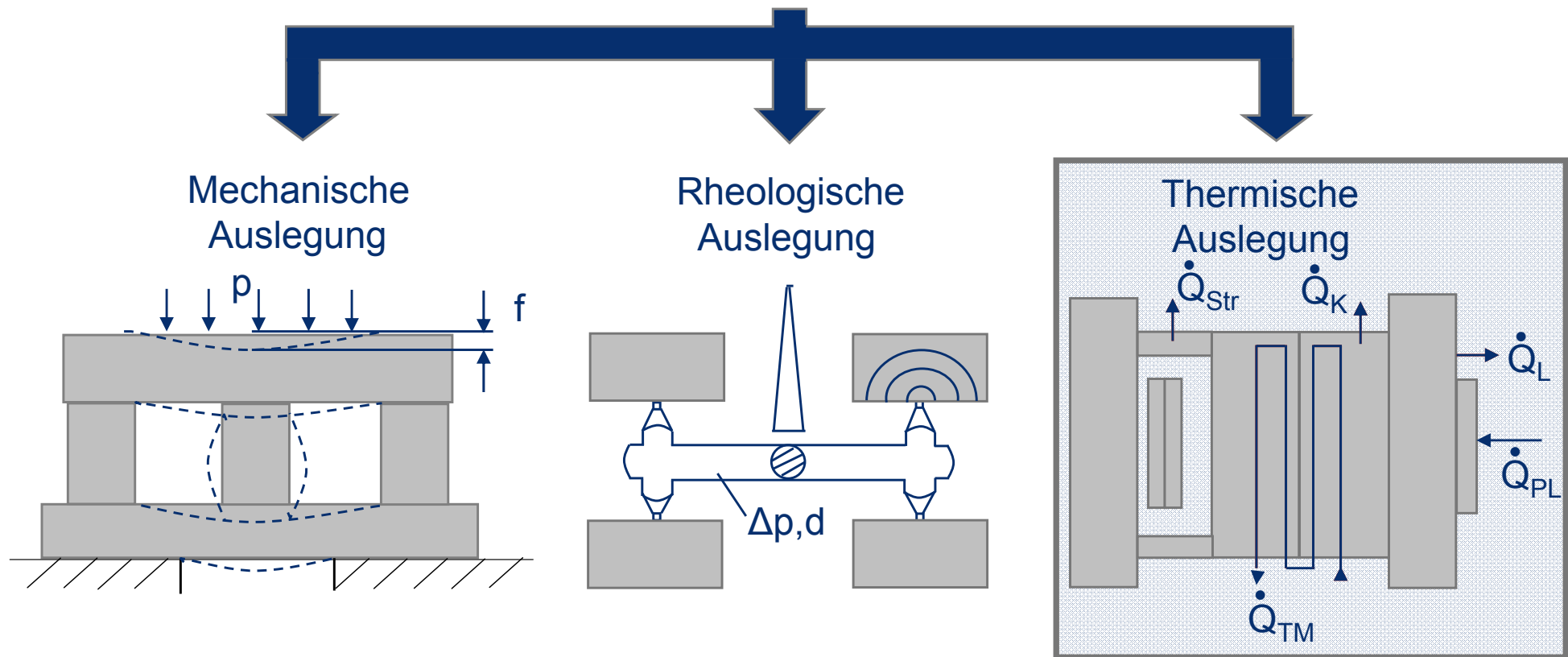
- Formteil und Anguss liegen in einer Werkzeugtrennebene
- Durch die tunnelartige geführte Bohrung (Tunnel) entsteht eine scharfe Kante zwischen Werkzeugführung und Tunnel
- Angussystem wird beim Entformen des Spritzgussteiles abgesichert



Tunnelanguss mit spitzkegeliger Tunnelbohrung

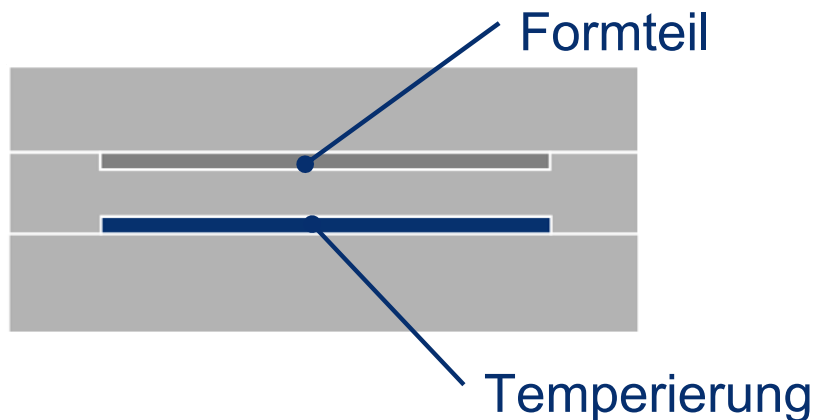


Anforderungen an Spritzgießwerkzeuge



Thermische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

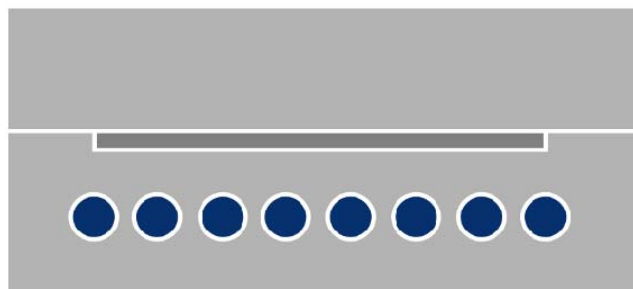
Ausführungsformen von Temperierkanälen



Physikalisch ideale Temperierung



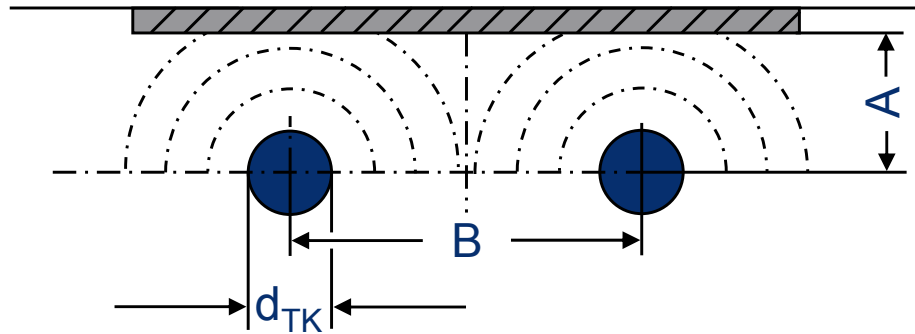
Technisch optimale Temperierung



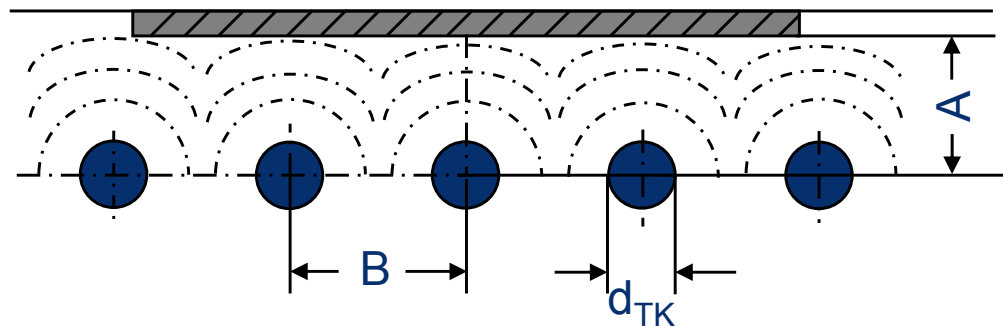
Technisch leicht realisierbare
Temperierung

Thermische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

Thermische Auslegung von Spritzgießformen



Wenige Temperierkanäle:
Ungleichmäßige
Wärmeabfuhr



Viele Temperierkanäle:
Weitgehend gleichmäßige
Wärmeabfuhr

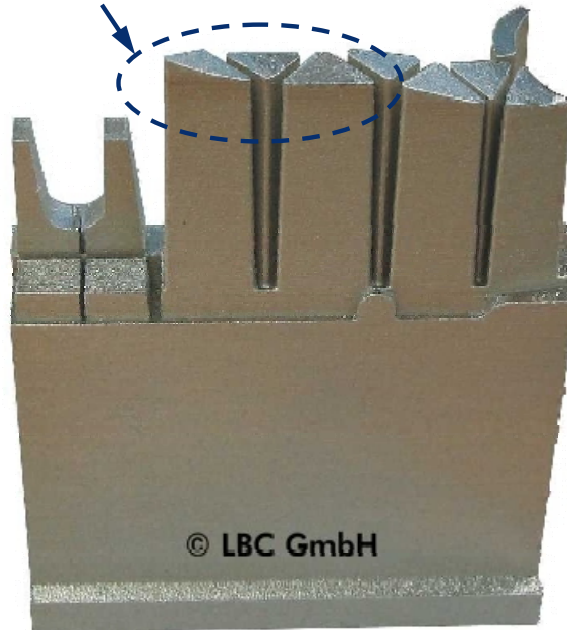
Thermische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

Konturnahe Temperierung

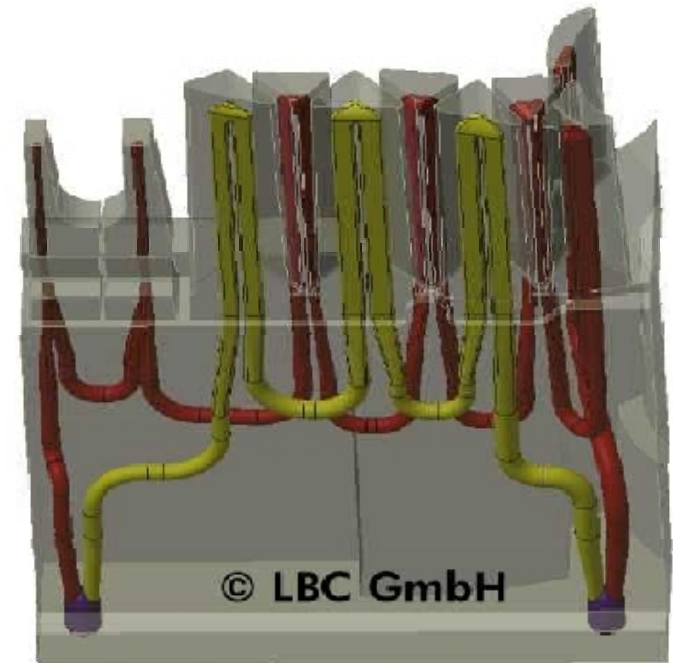
Rapid Tooling

- Lasergenerierter Schichtaufbau
- Sehr geringe Kühlkanalquerschnitte
- 3D-Geometrien möglich

hohes Hotspot-Risiko



Lösung:



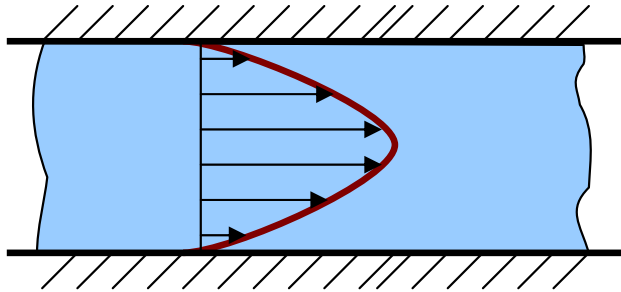
Quelle: LBC

Thermische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen

Anforderungen an den Temperiermittelfluss

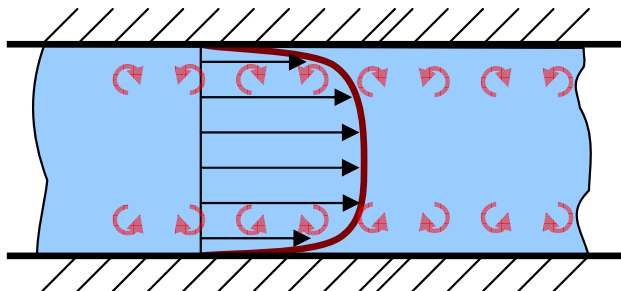
Bei laminarer Strömung: keine Quervermischung

- Wärmeübergang beruht hauptsächlich auf Wärmeleitung



Bei turbulenter Strömung: zusätzliche Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Strömungsrichtung

- bessere Quervermischung
- besserer Wärmeübergang

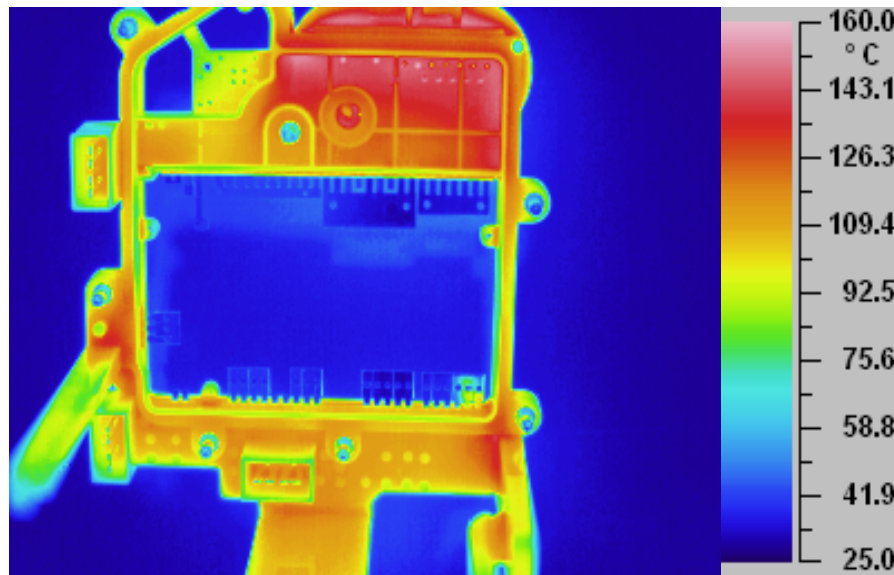


→ turbulente Strömung wird angestrebt!

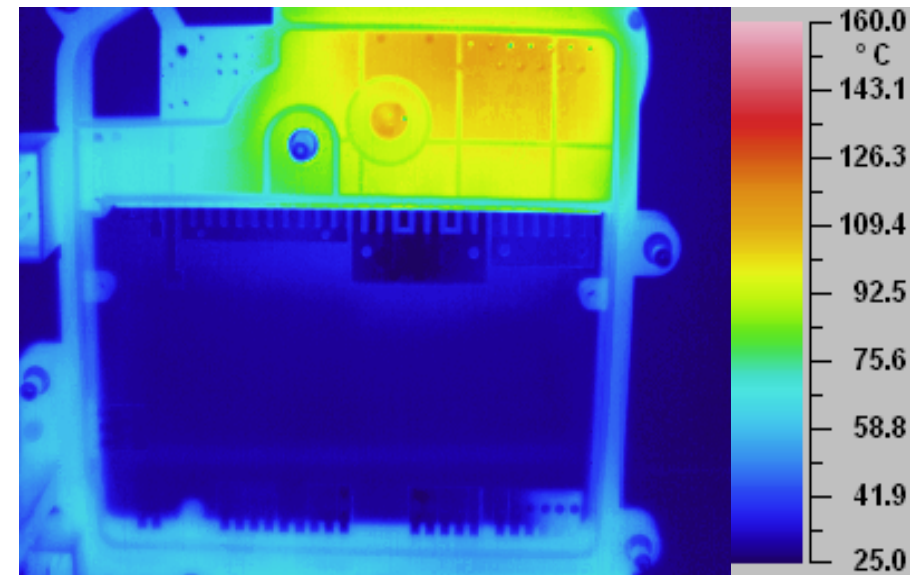
Spritzgießwerkzeuge

Anwendungsbeispiel einer unzureichenden Temperierung

- Wärmestau im spritzgegossenen Kunststoffbauteil



ca. 25-35 s nach der Entformung



ca. 140 s nach der Entformung

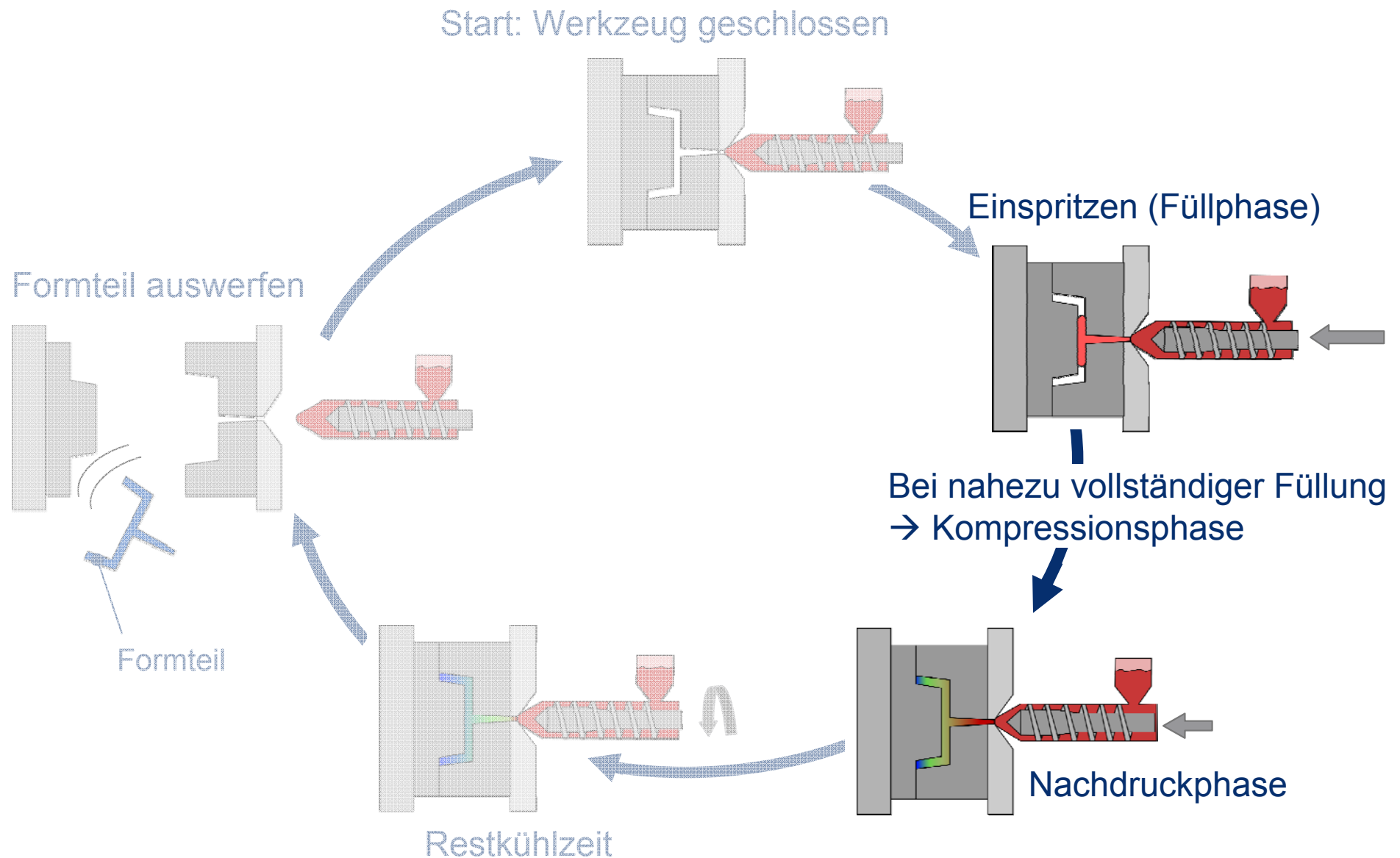
- Die unzureichende Wärmeabfuhr kann zu schlechter Bauteilqualität oder sehr langen Zykluszeiten führen
- Unzureichende Wärmeabfuhr kann zu schlechter Bauteilqualität oder sehr langen Zykluszeiten führen

- Welche Funktionskomplexe gibt es bei Spritzgießwerkzeugen?
- Welchen Einfluss hat das Angusssystem auf die Bauteileigenschaften?
- Wozu wird eine Werkzeugtemperierung benötigt?
- Welchen Kompromiss geht man bei der Temperierung von Spritzgießwerkzeugen ein?

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Einfluss des Spritzgießprozesses

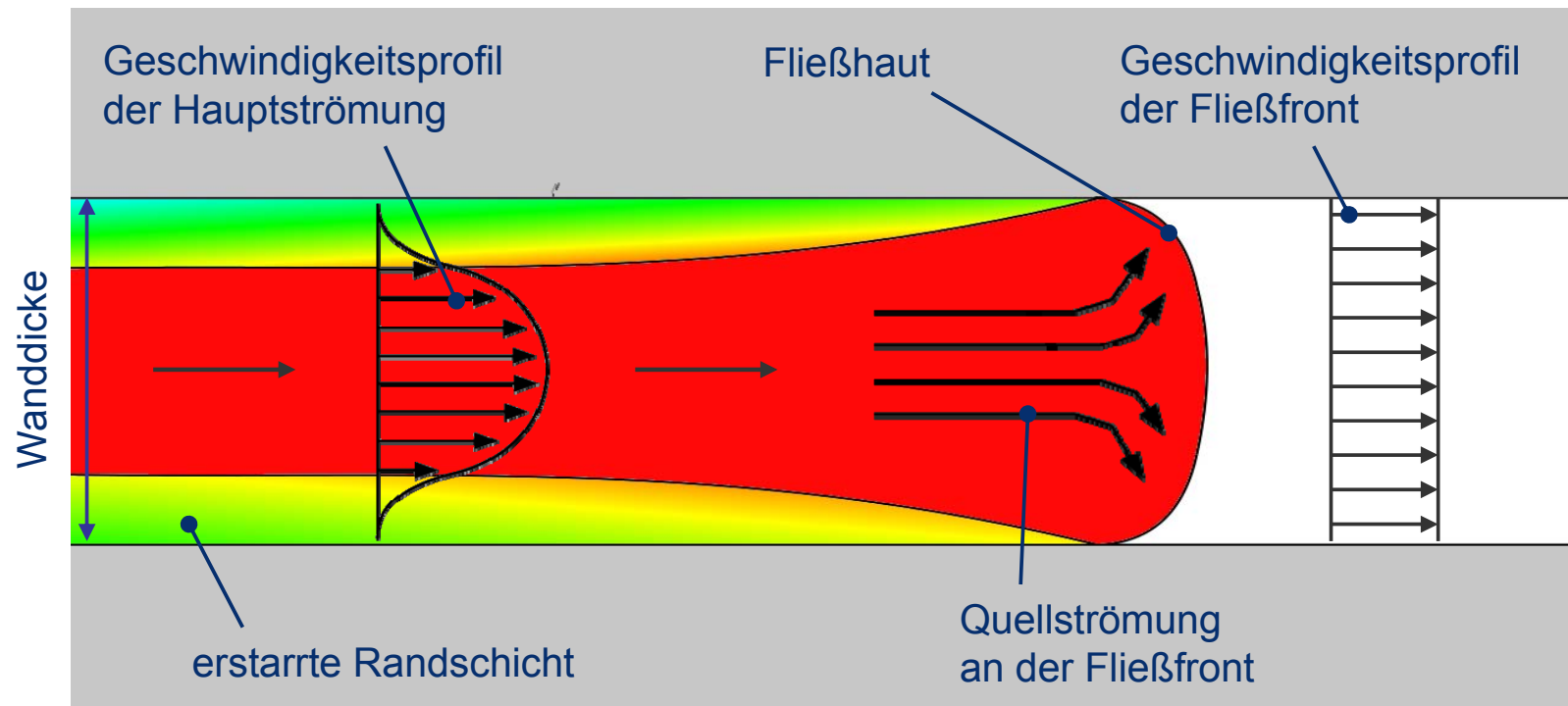
Einspritzphase



Einfluss des Spritzgießprozesses

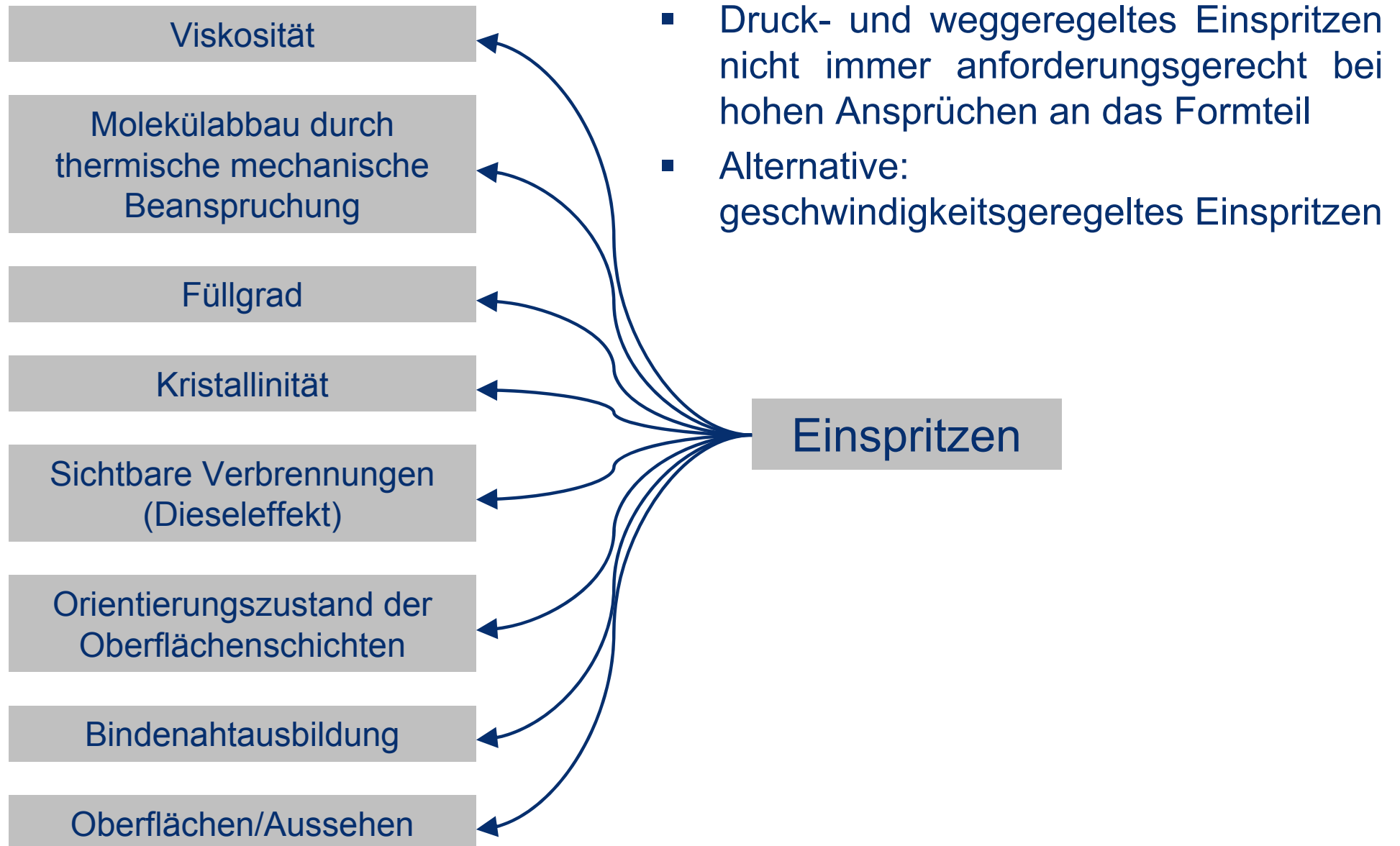
Einspritzphase

- Laminares Fließverhalten
 - Scher- und Dehndeformation
 - Schererwärmung der Schmelze und zugleich Wärmeabfuhr über Werkzeugwand



Einfluss des Spritzgießprozesses

Aktive Einflüsse des Einspritzens auf das Bauteil



Einfluss des Spritzgießprozesses

Nachdruckphase

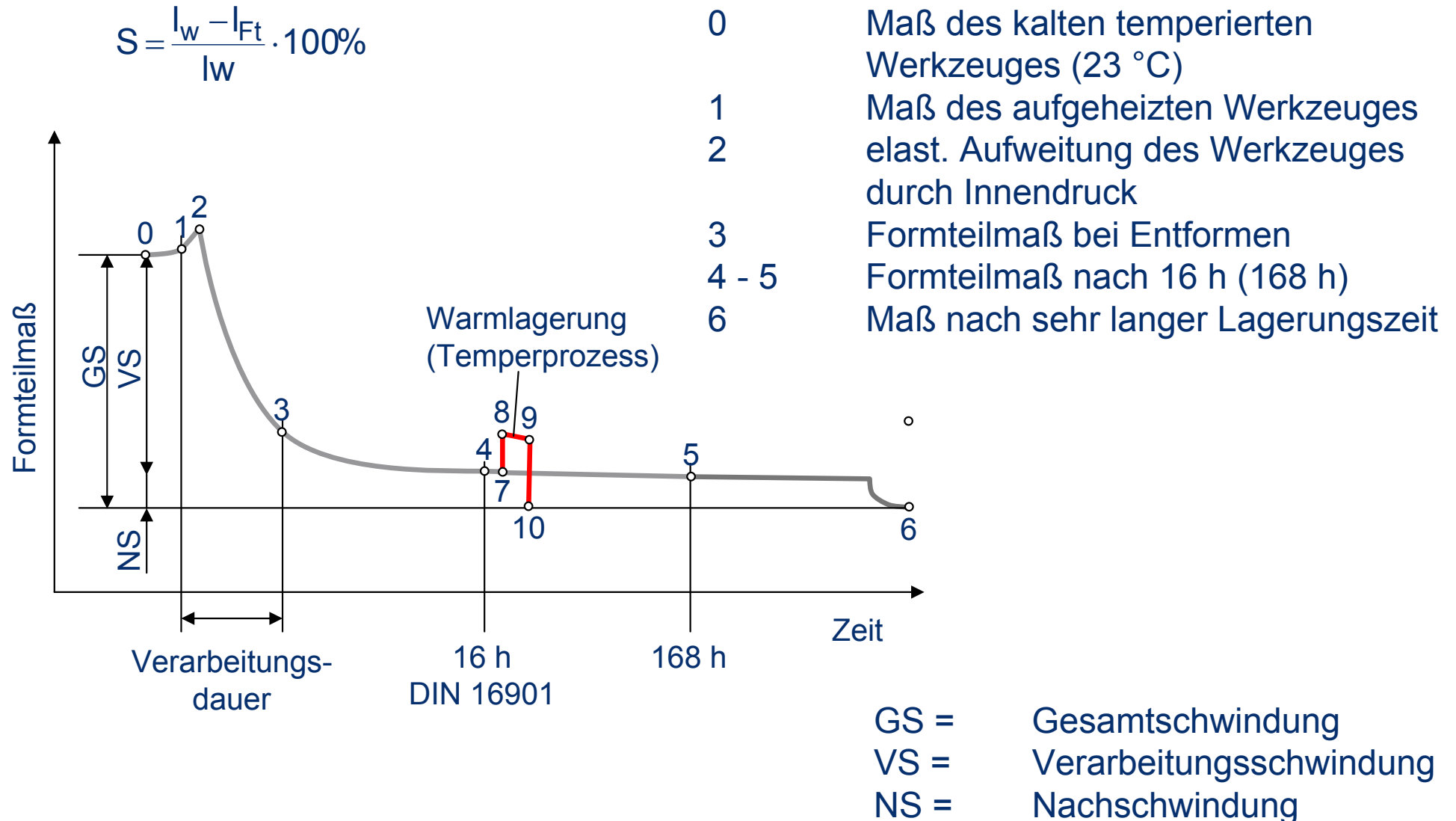


- Durch den Nachdruck wird Schmelze in der Kavität komprimiert und nachgeschoben. Dadurch kann der Volumenkontraktion beim Abkühlen (Schwindung) entgegengewirkt werden!
- Achtung! Bei zu hohem Nachdruck kann die Schwindung überkompensiert werden. Es presst sich das Formteil in das Formnest und ist nicht entformbar.
- Durch hohen Nachdruck kann sich das Werkzeug geringfügig öffnen („atmendes“ Werkzeug/ Schädigung möglich).
- Der Nachdruck kann so lange wirken, bis der Anguss eingefroren ist (sogenannter „Siegepunkt“).

Einfluss des Spritzgießprozesses

Schwindung von Kunststoffbauteilen

$$S = \frac{l_w - l_{Ft}}{l_w} \cdot 100\%$$



- Welche Phase bestimmt maßgebend die Oberflächenqualität eines Formteiles?
- Wofür wird die sogenannte Nachdruckphase in einem Spritzgießprozess benötigt?
- Wie lange kann der Nachdruck wirken?
- Was versteht man unter den Begriffen „Verarbeitungsschwindung“, „Nachschwindung“ und „Gesamtschwindung“?

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- **Sonderverfahren des Spritzgießens**
- Spritzstreck-Blasformen

Bedarf an Sonderverfahren

Anpassung an stets steigende Ansprüche

- Marktdruck erfordert Kostenminimierung der Fertigung (Produktion in Hochlohnländern möglich!)
- Besondere Anforderungen an den Spritzgießprozess, bei denen das herkömmliche Verfahren an seine Grenzen stößt,

z.B.:

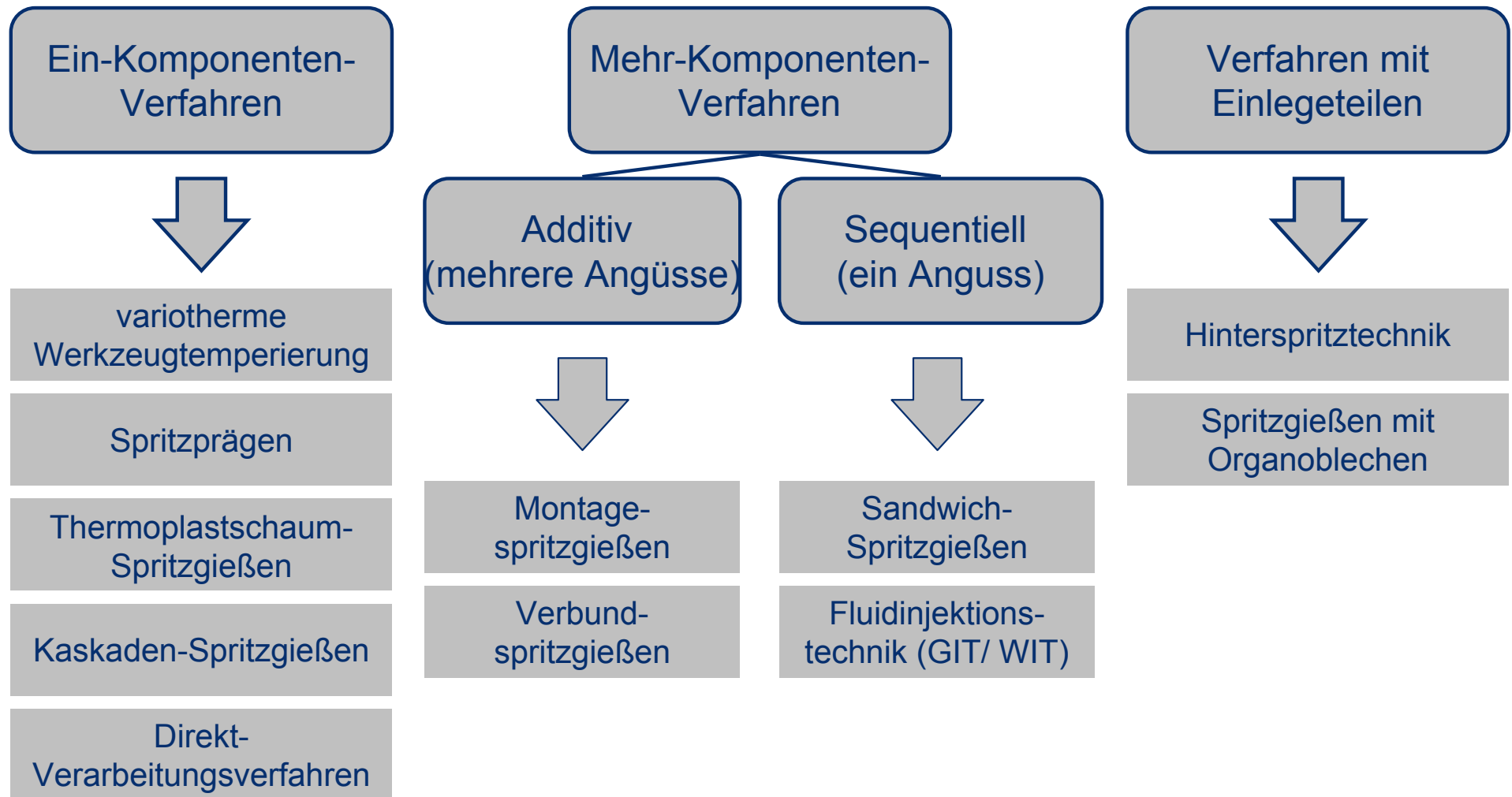
- Realisierung langer Fließwege
- Vermeidung mechanischer Schwachstellen durch Bindenähte
- Vermeidung kritischer Spannungszustände im Bauteil durch Druckspitzen
- Besondere Anforderungen an die Oberflächengüte
- Hohlräume im Bauteil
- Bauteile aus verschiedenen Farben/ Materialien
- etc.
- Zunehmend moderne Hochleistungsbauteile mit hoher Funktionsdichte



Quelle: Arburg

Sonderverfahren im Spritzgießprozess

Einordnung



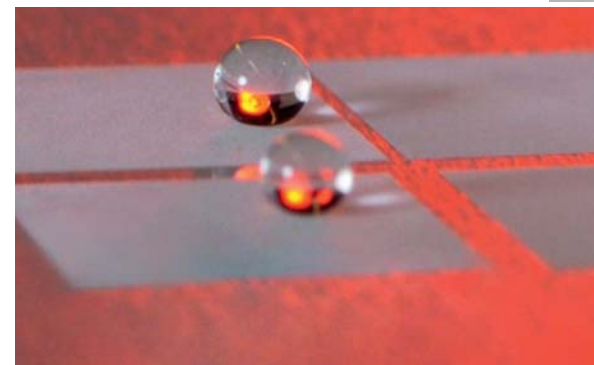
Es gibt weit mehr als dreißig Sonderverfahren → Hier ein Teilüberblick

Variotherme Werkzeugtemperierung

Merkmale

Variotherme/ dynamische Prozessführung ermöglicht:

- Schnelles Erwärmen und Abkühlen der Werkzeugoberfläche
- Verbesserung der Oberflächenqualität
- Reduktion von Bindenähten
- Verbesserung der Verbundfestigkeit bei Materialkombinationen
- Reduktion von Verzug und Deformationen



Quelle: Engel, GWK, Kunststoffe

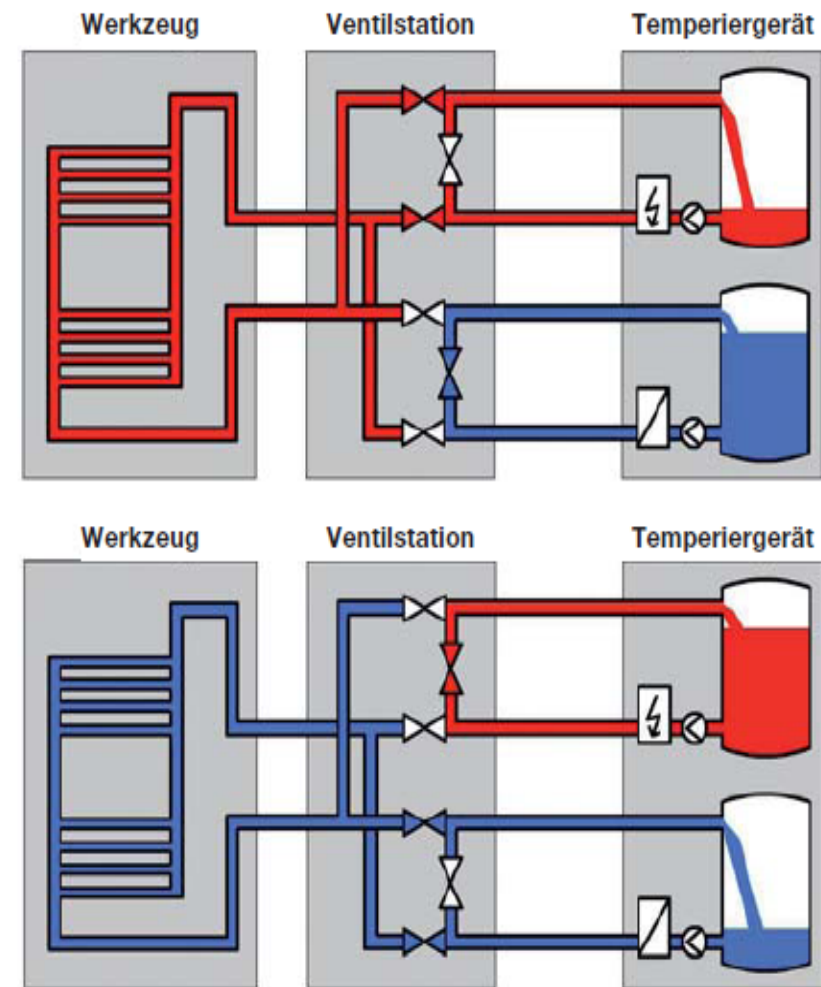
Variotherme Werkzeugtemperierung

Verfahrensvarianten

Zwei Temperierkreisläufe und oberflächennahe Temperierkanäle ermöglichen schnelles Erwärmen und Abkühlen der Werkzeugoberfläche

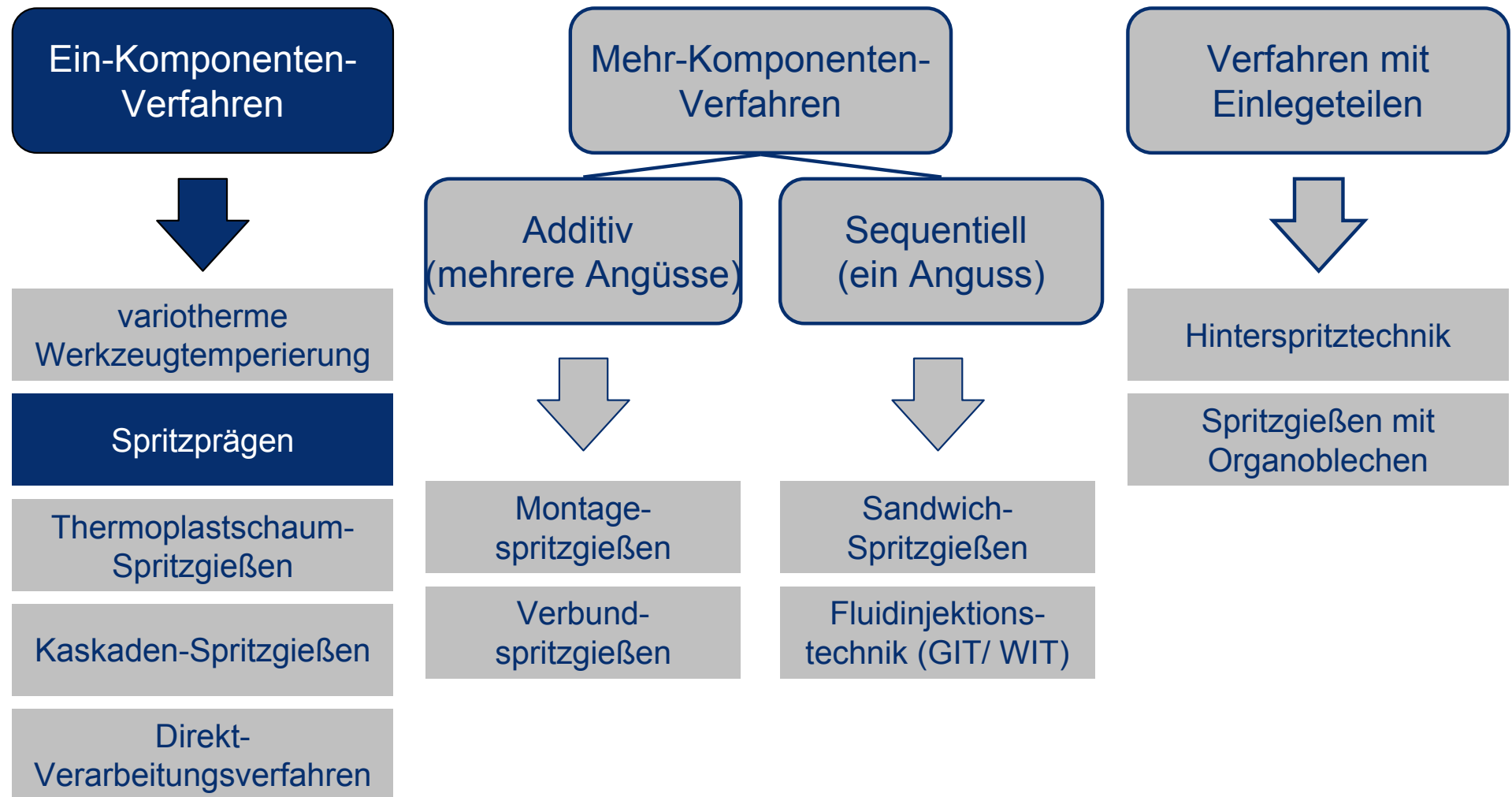
Alternativen:

- Induktive Beheizung
- Heißdampf
- Wärmestrahler



Spritzprägen

Einordnung



Spritzprägen

Merkmale

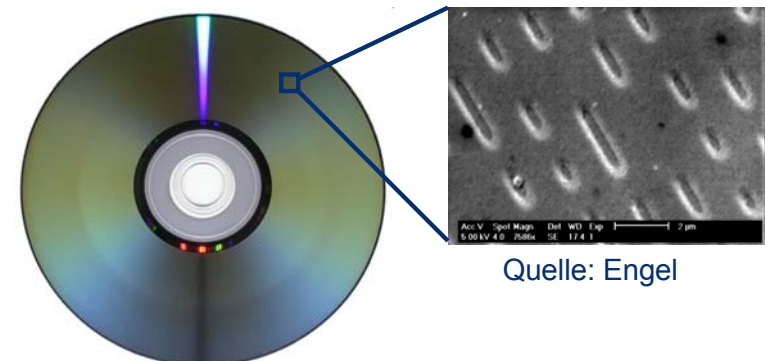
- Ausformung durch Verringerung des Kavitätsumfanges
- Präge- statt Nachdruckphase
→ geringere Druckspitzen
- Herstellung sehr großer, dickwandiger Bauteile ohne Verzug
- Verringerung von Eigenspannungen und Orientierungen
- Höhere Abformungsgenauigkeit, hohe Maßhaltigkeit von Präzisionsbauteilen (z.B. Linsen)
- Abformung von Mikrostrukturen



Quelle: Ferromatik Milacron



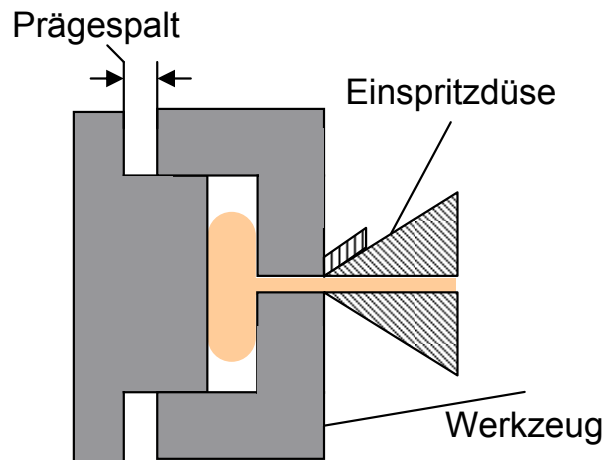
Quelle: Demag



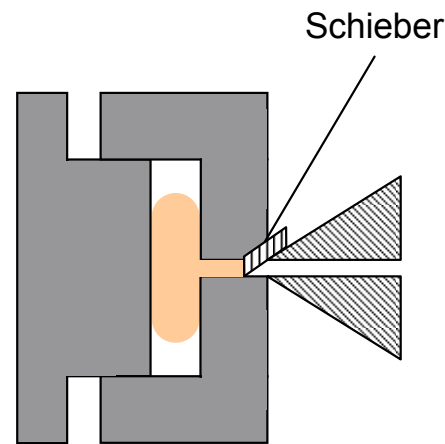
Quelle: Engel

Ablauf

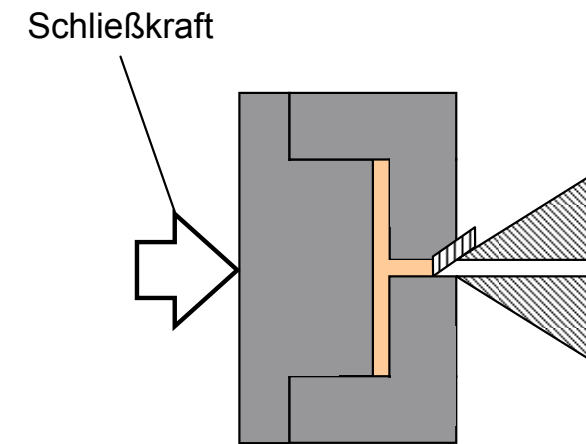
1. Schließen des Werkzeuges bis auf Breite des Prägespalts
2. Einspritzen einer dosierten Schmelzemenge in die teilgeöffnete Kavität
3. Verschließen des Angusses
4. Verfahren der Schließeinheit, bis Werkzeug vollständig geschlossen
→ Schmelze wird gleichmäßig durch den Prägedruck in der Kavität verteilt.
5. Entformung und Abkühlung



Einspritzphase



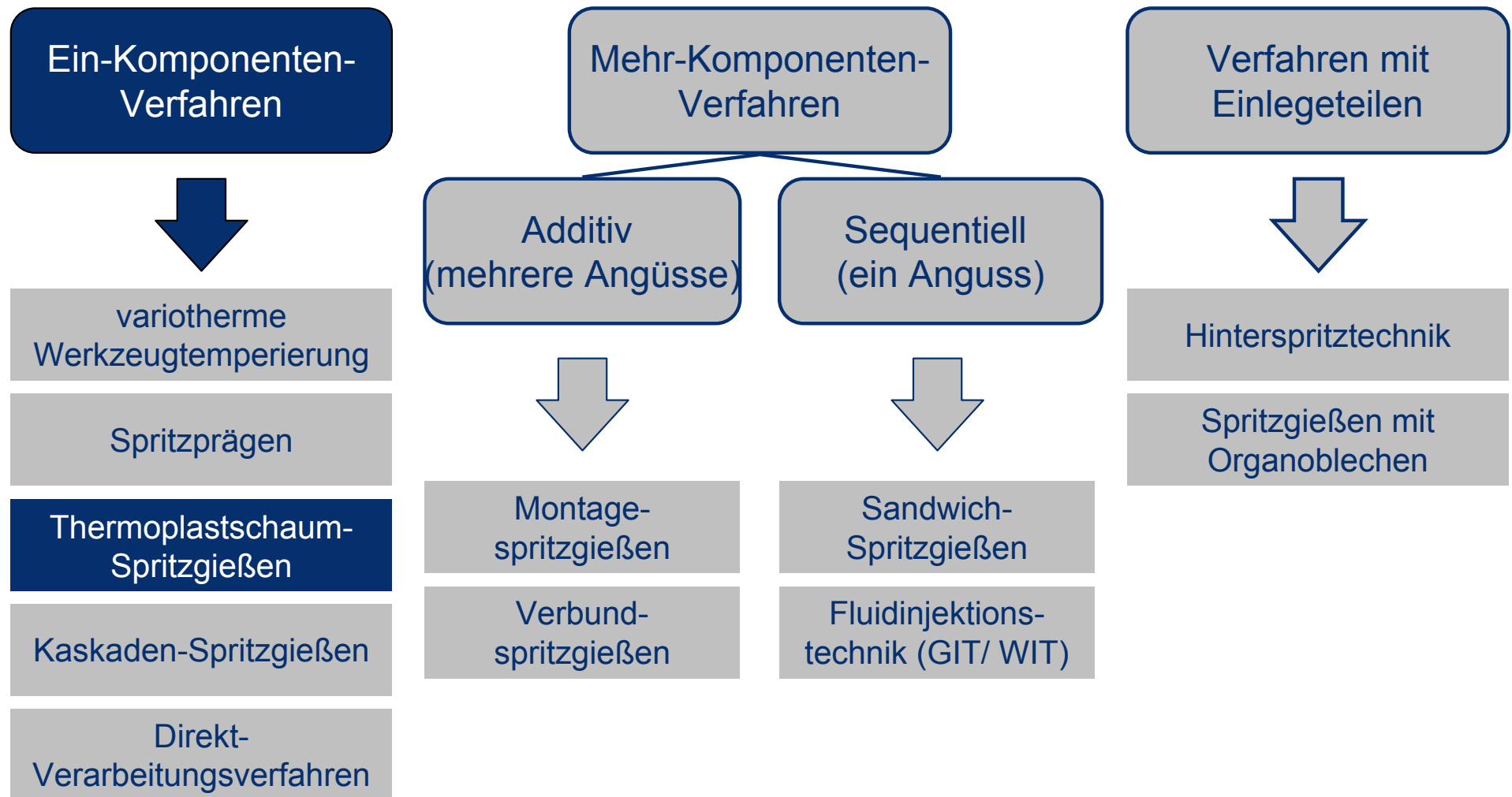
Verschließen



Prägephase

Thermoplastschaum-Spritzgießen

Einordnung



Formteile aus geschäumten Thermoplasten

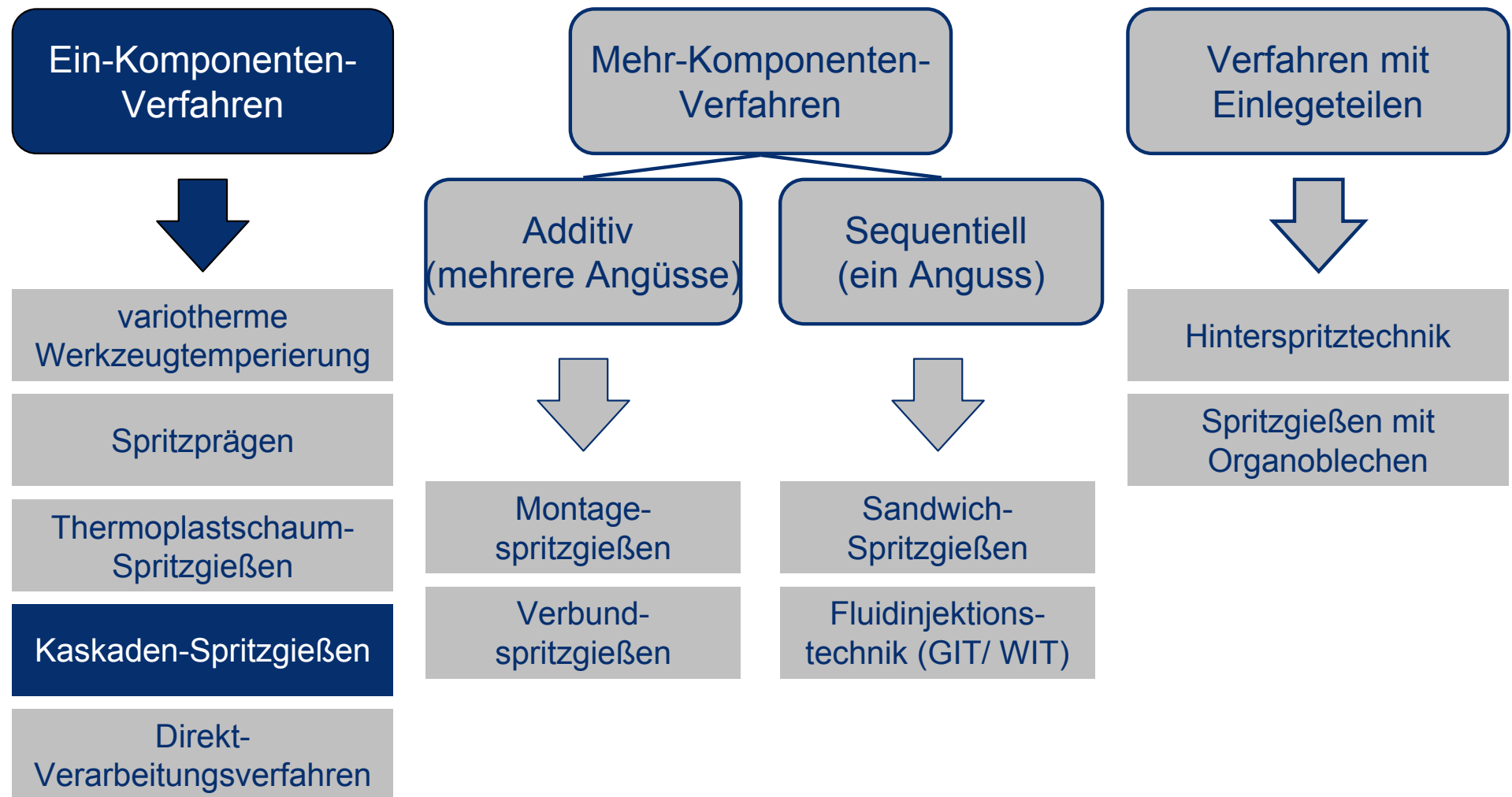
- Struktur- und Leichtbauanforderungen an Spritzgussteile:
 - Gewichts/Materialersparnis
 - Kostenreduzierung
 - Isolierfähigkeit
 - Verminderung von Verzug
- Geschäumte Formteile bieten hohe mechanische Festigkeitswerte bei geringem Gewicht
- Zellige Innenstruktur bei geschlossener Außenoberfläche
- Hohe Maßgenauigkeit



Quelle: Powerslide Sportartikel

Kaskaden-Spritzgießen

Einordnung

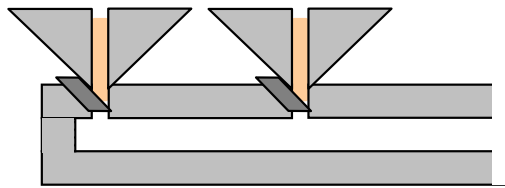


Kaskaden-Spritzgießen

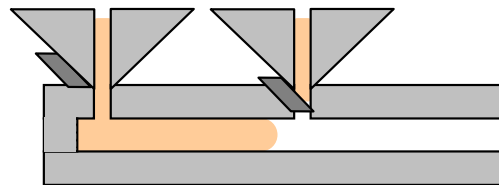
Merkmale

Realisierung von langen Fließwegen

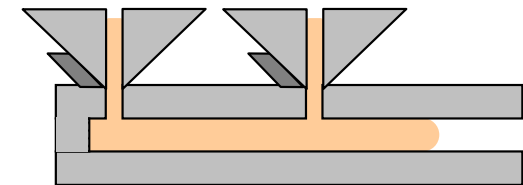
- Komplexes Heißkanalsystem mit mehreren Angüssen
- Hintereinandergeschaltetes Öffnen der Angussdüsen Kaskade = stufenförmiger Aufbau)



t_1 : alle Angüsse verschlossen

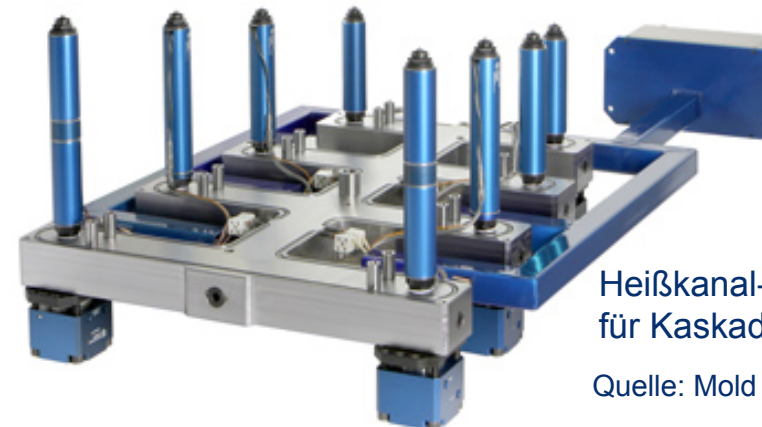


$t_2 > t_1$: erster Anguss freigegeben



$t_3 > t_2$: nächster Anguss freigegeben usw.

- Kein vorzeitiges Erstarren
- Gleichmäßige Randschichten
- Vermeidung von Bindenähten
- Aufwendige Steuerung nötig!
- Teuer!

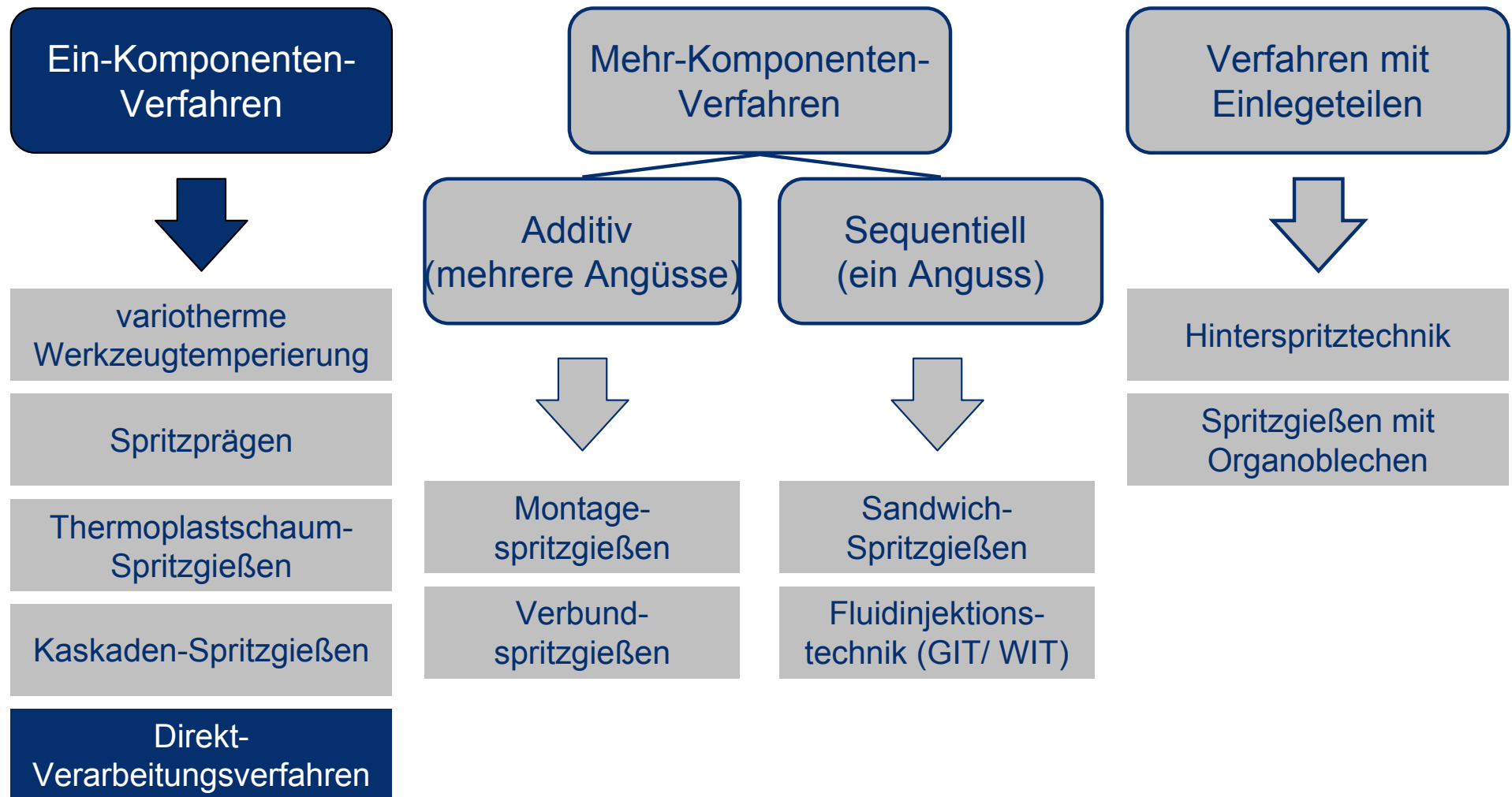


Heißkanal-Verteilersystem
für Kaskaden-SG

Quelle: Mold Hotrunner Solutions

Direktverarbeitungsverfahren

Einordnung



Direktverarbeitungsverfahren

Herkömmlich: zwei Prozesse

1. Aufbereitung/Compoundierung auf Doppelschneckenextrudern (1. Wärmezufuhr)
2. Granulierung und Abkühlung
3. Formgebende Verarbeitung auf der Spritzgießmaschine (2. Wärmezufuhr)
4. Entformung und Abkühlung

1 + 2



3 + 4



Quelle: Coperion, KraussMaffei

Direktverarbeitungsverfahren

Hier: Zusammenfassung in einem Prozess

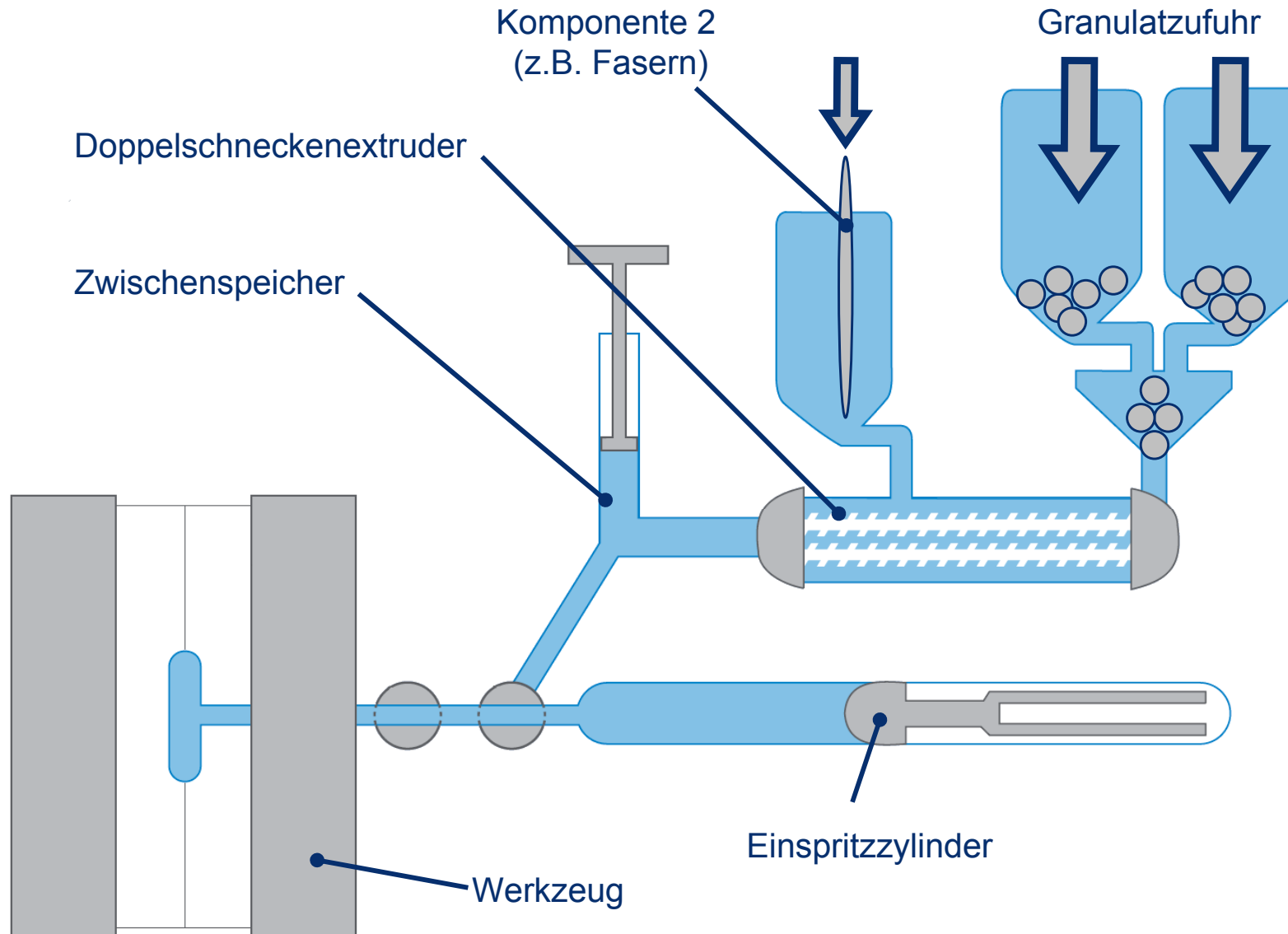
- beide Verfahrensschritte auf einer Maschine
- Schwierigkeit:
 - Compounder arbeitet kontinuierlich
 - Spritzgießmaschine arbeitet zyklisch
- Spritzgießcompounder (Injection Moulding Compounder, IMC) mit Zwischenspeicher vom IKT
- + Verarbeiter entscheidet über Polymer/Zusatzstoffe
- + Energieeinsparung durch einen Aufheizprozess
- + Große Faserlängen möglich
- Höhere Anschaffungskosten
- Höher geschultes Personal



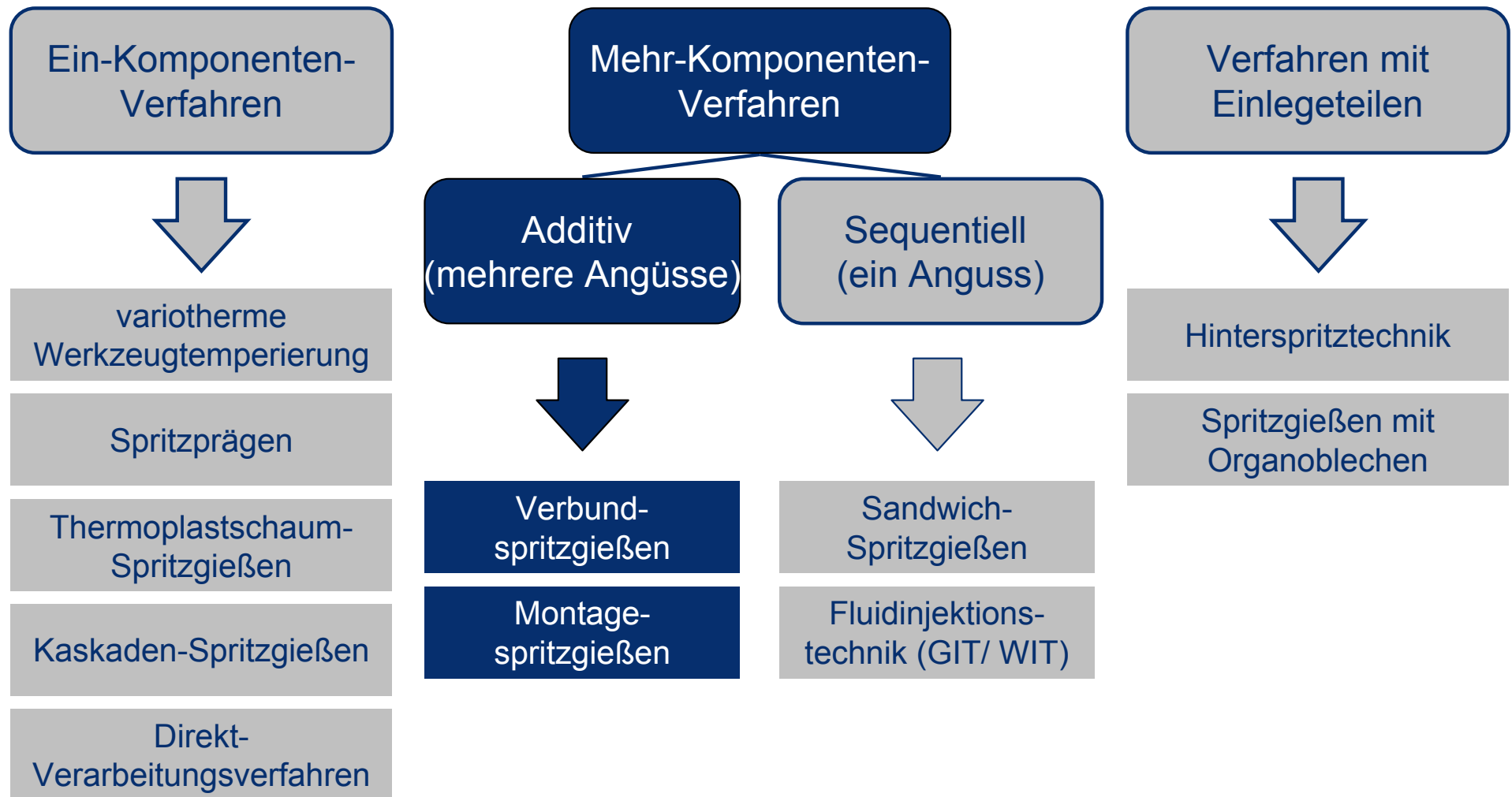
Quelle: KraussMaffei

Direktverarbeitungsverfahren

Funktionsprinzip



Quelle: KraussMaffei



Montage- und Verbundspritzgießen

Bauteile aus mehreren Farben oder Materialien



Quelle: Oechsler AG



Quelle: Seibel Kunststofftechnik



Quelle: Ikea



Quelle: Wacker Chemie AG



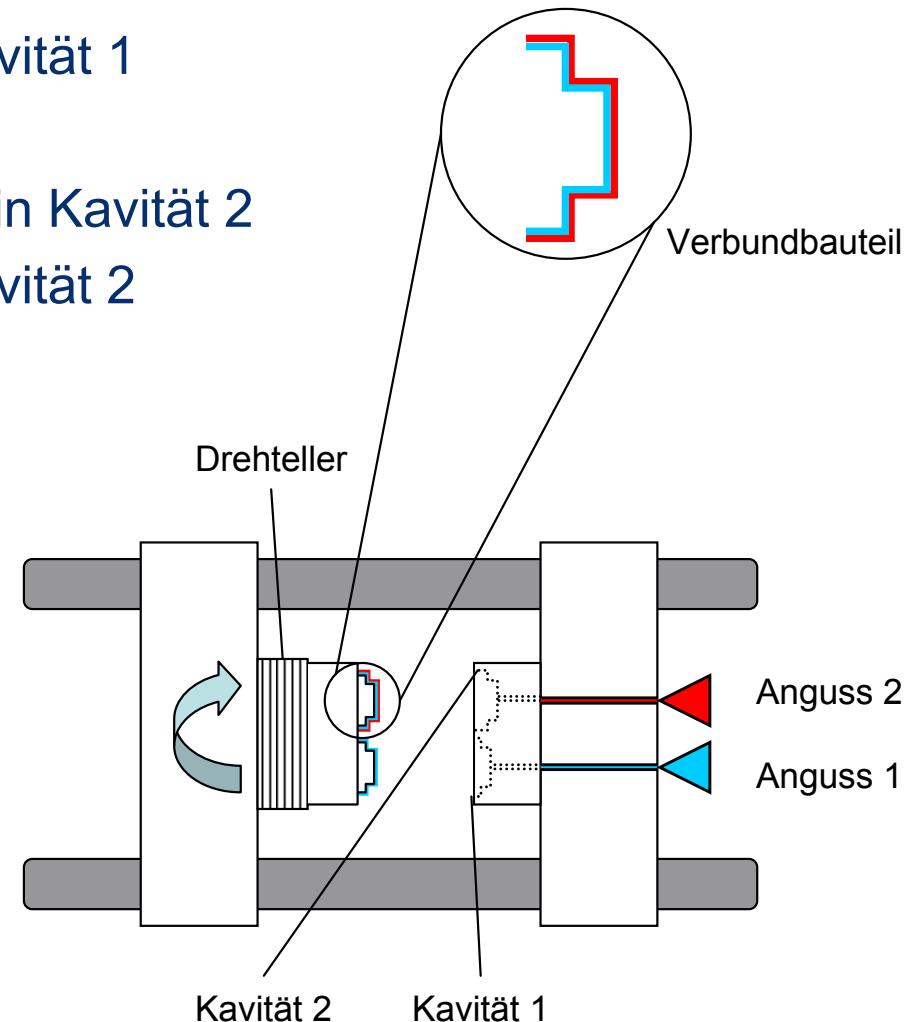
Quelle: Lightec24

Ablauf

1. Einspritzen über Angussystem 1 in Kavität 1
2. Zwischenöffnen des Werkzeuges
3. Umsetzen des entstandenen Preforms in Kavität 2
4. Einspritzen über Angussystem 2 in Kavität 2

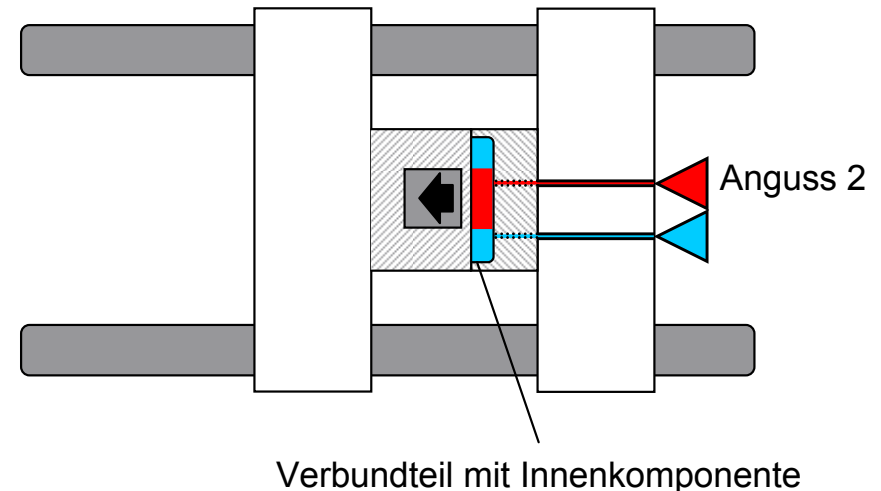
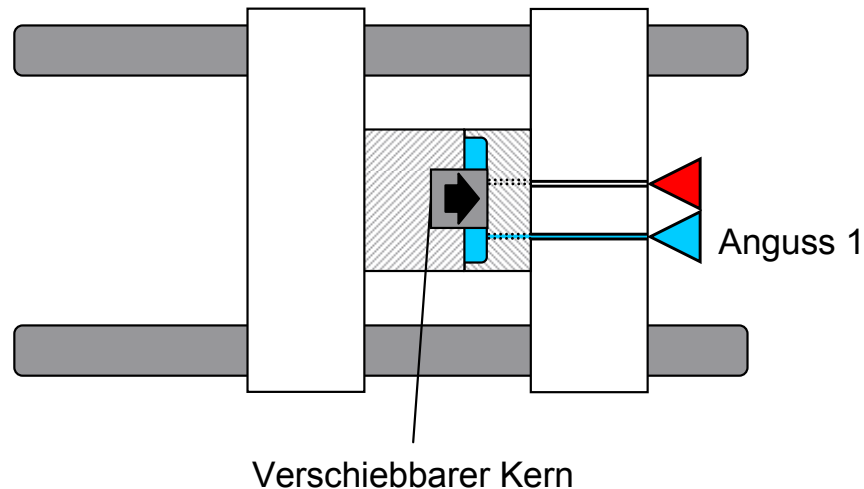
Varianten des Umsetzvorgangs

- Umsetzen über Handlingsystem (bei starrem Werkzeug)
- Drehung der schließseitigen Werkzeughälfte per Drehteller



Kernrückzugs-Verfahren („Core-back“)

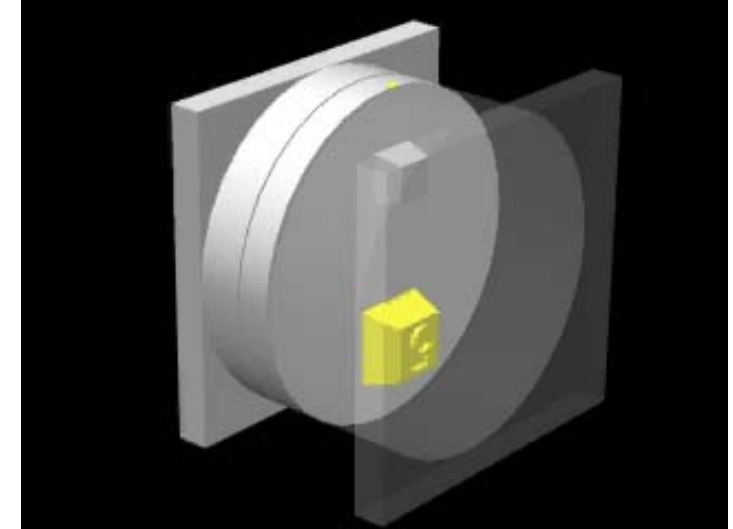
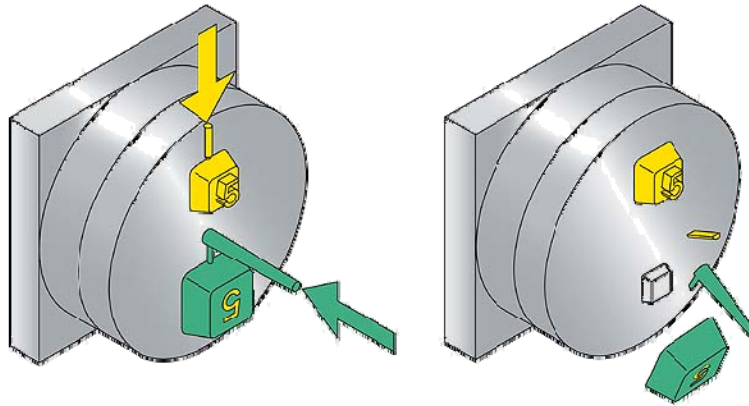
- Prozess ohne Zwischenöffnen und Umsetzen
- Werkzeug ist mit verschiebbaren Kernen/ Einsätzen ausgestattet
- Zunächst nur teilgeöffnete Kavität für Komponente 1
- Anschließend Verschieben des Kerns
→ Öffnung der Restkavität für Komponente 2



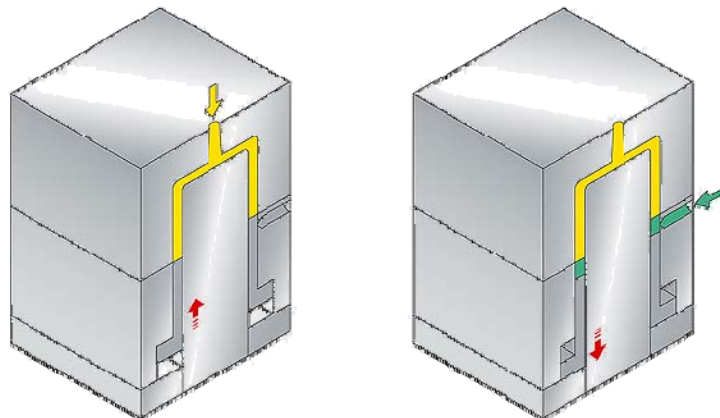
Montage- und Verbundspritzgießen

Anschaungsbeispiele

Drehtellerverfahren:



Core-back-Verfahren:



Quelle: Arburg

Besonderheiten des Montagespritzgießens

- Komponenten nicht starr verbunden, sondern zueinander beweglich
→ Herstellung von integrierten Bauteilen in nur einem Arbeitsschritt
- Realisierung von Gelenken, Scharnieren und Lagerungen
- Das nötige Spiel entsteht durch unterschiedliche Materialschrumpfung
- Kein Stoffschluss:
Materialien sollten nicht adhäsiv zueinander sein

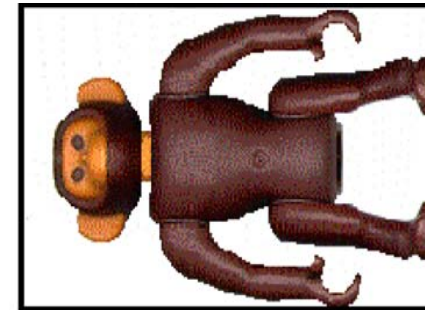
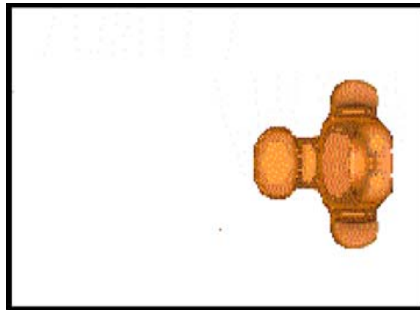


Quelle: Playmobil

Montage- und Verbundspritzgießen

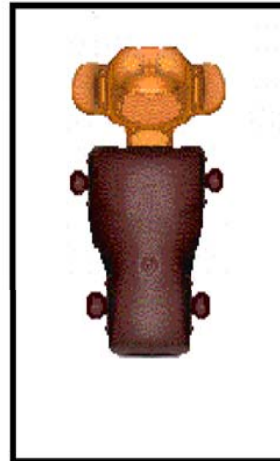
Beispiel: Playmobilaffe

Kopf: Werkstoff PBT



Gliedmaßen: Werkstoff POM,
unverträglich mit PA 6
→ beweglich nach Abkühlung

Torso: Werkstoff PA 6 GF15,
unverträglich mit PBT,
→ beweglich nach Abkühlung



Quelle: Playmobil

Montage- und Verbundspritzgießen

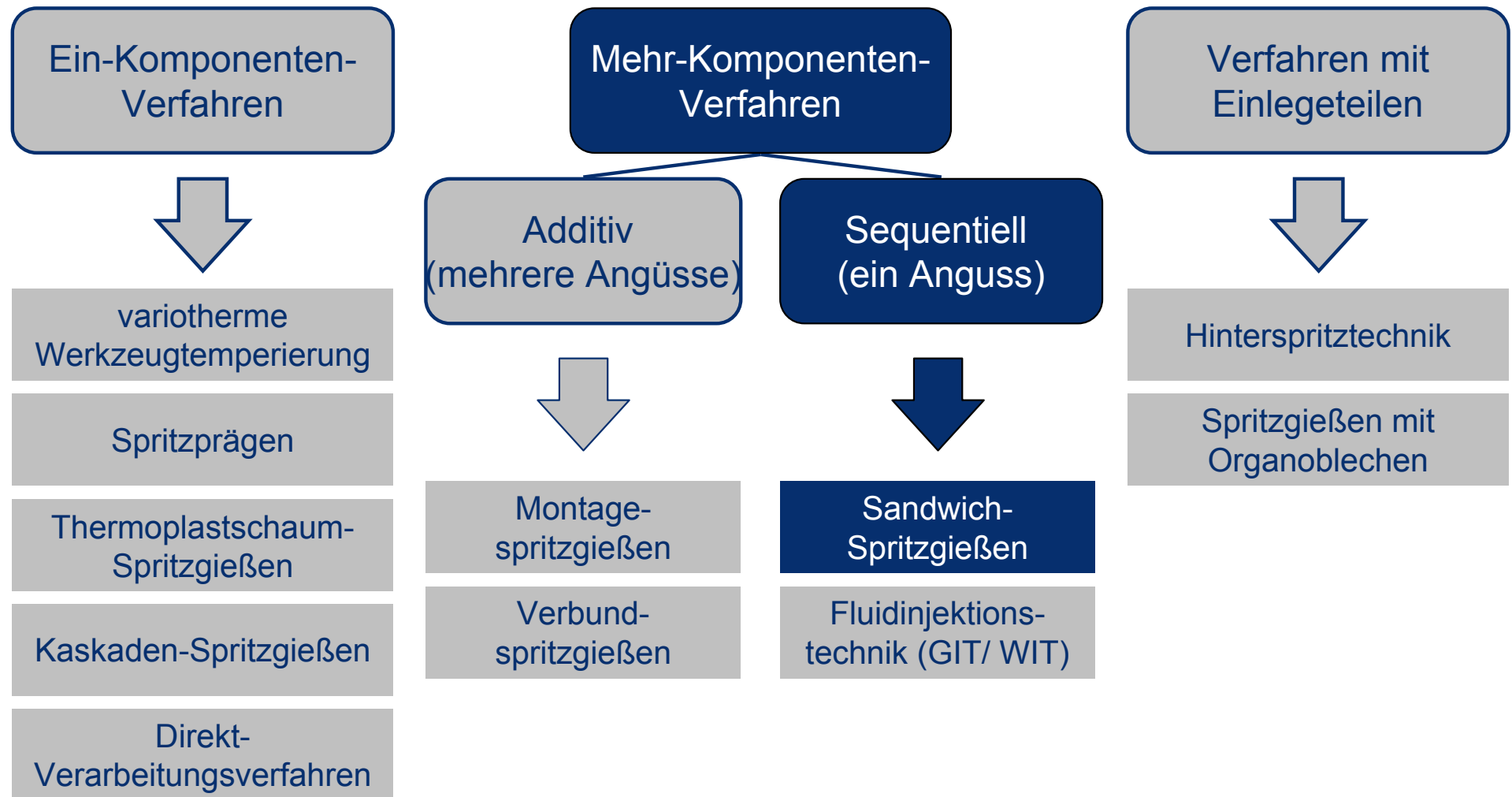
Beispiel: Playmobilaffe



Quelle: Brandstetter

Sandwich-Spritzgießen

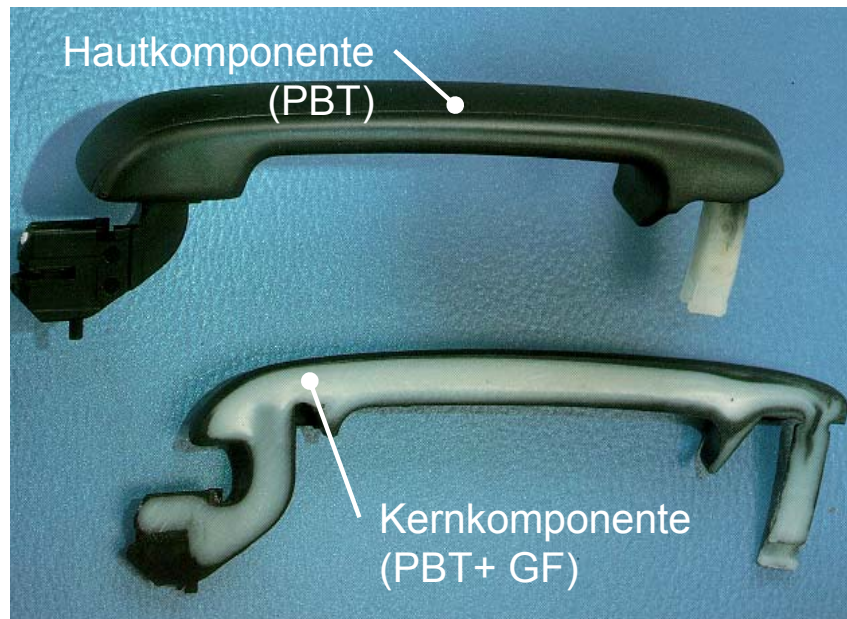
Einordnung



Sandwich-Spritzgießen

Merkmale

- Herstellung von Bauteilen aus zwei Materialien im Schichtverbund
- Einspritzen beider Komponenten hintereinander über den gleichen Anguss (sequentielles Verfahren/„Ineinanderspritzen“)
- Sandwich-Aufbau aus Haut- und Kernmaterial (von außen nicht sichtbar)



Quelle: Engel



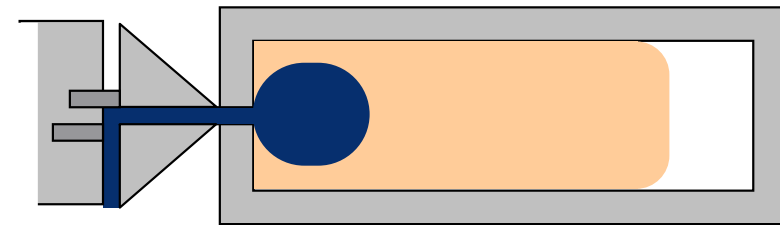
Quelle: Kraft/ Owi GmbH

Sandwich-Spritzgießen

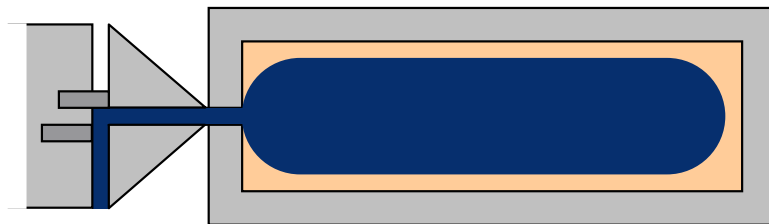
Verfahrenstechnik



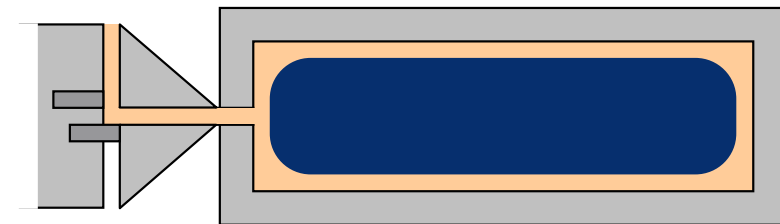
1. Einspritzen des Hautmaterials (Teilfüllung)



2. Einspritzen des Kernmaterials



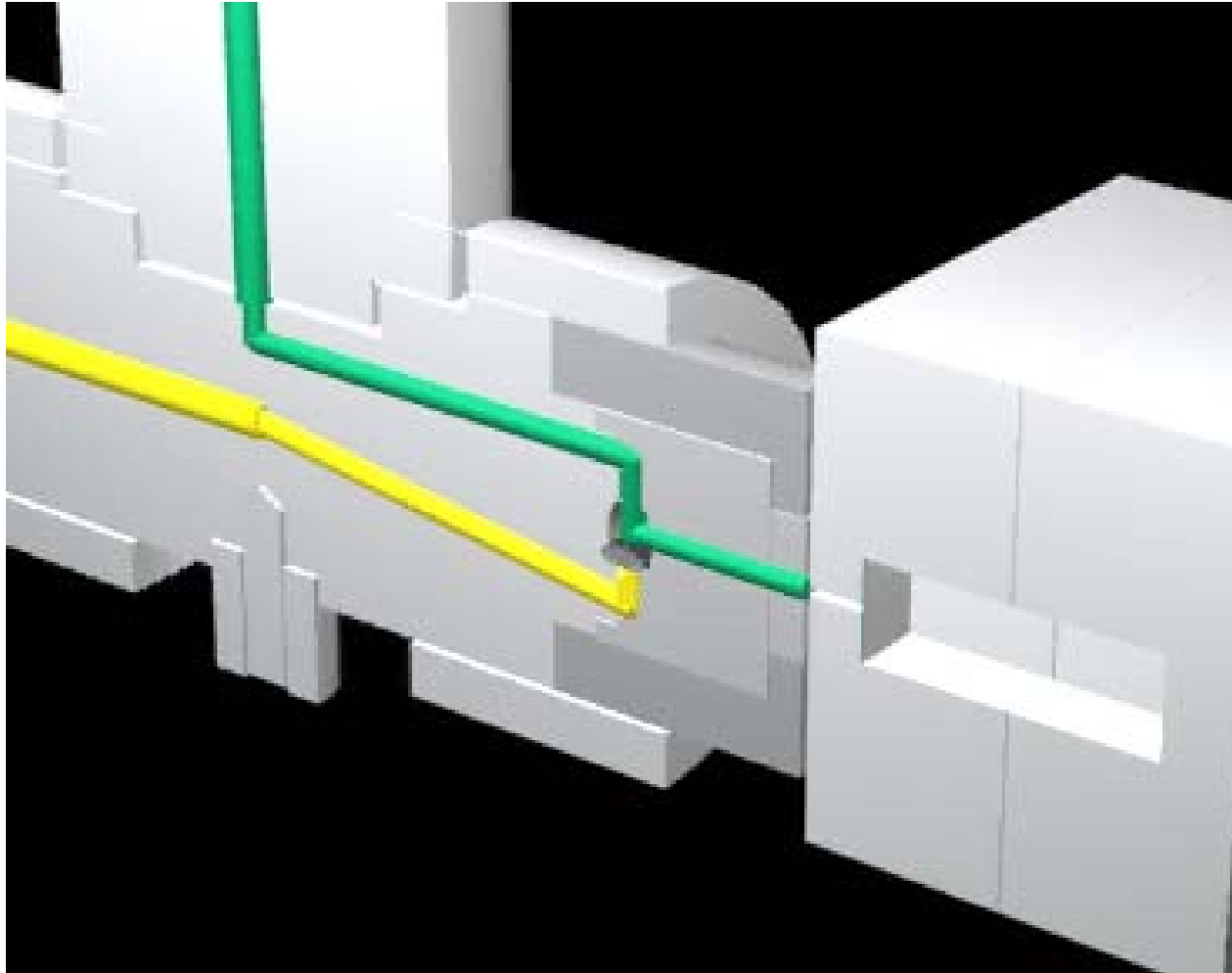
3. Volumetrische Füllung der Kavität



4. Nachdruckphase mit Hautmaterial

Sandwich-Spritzgießen

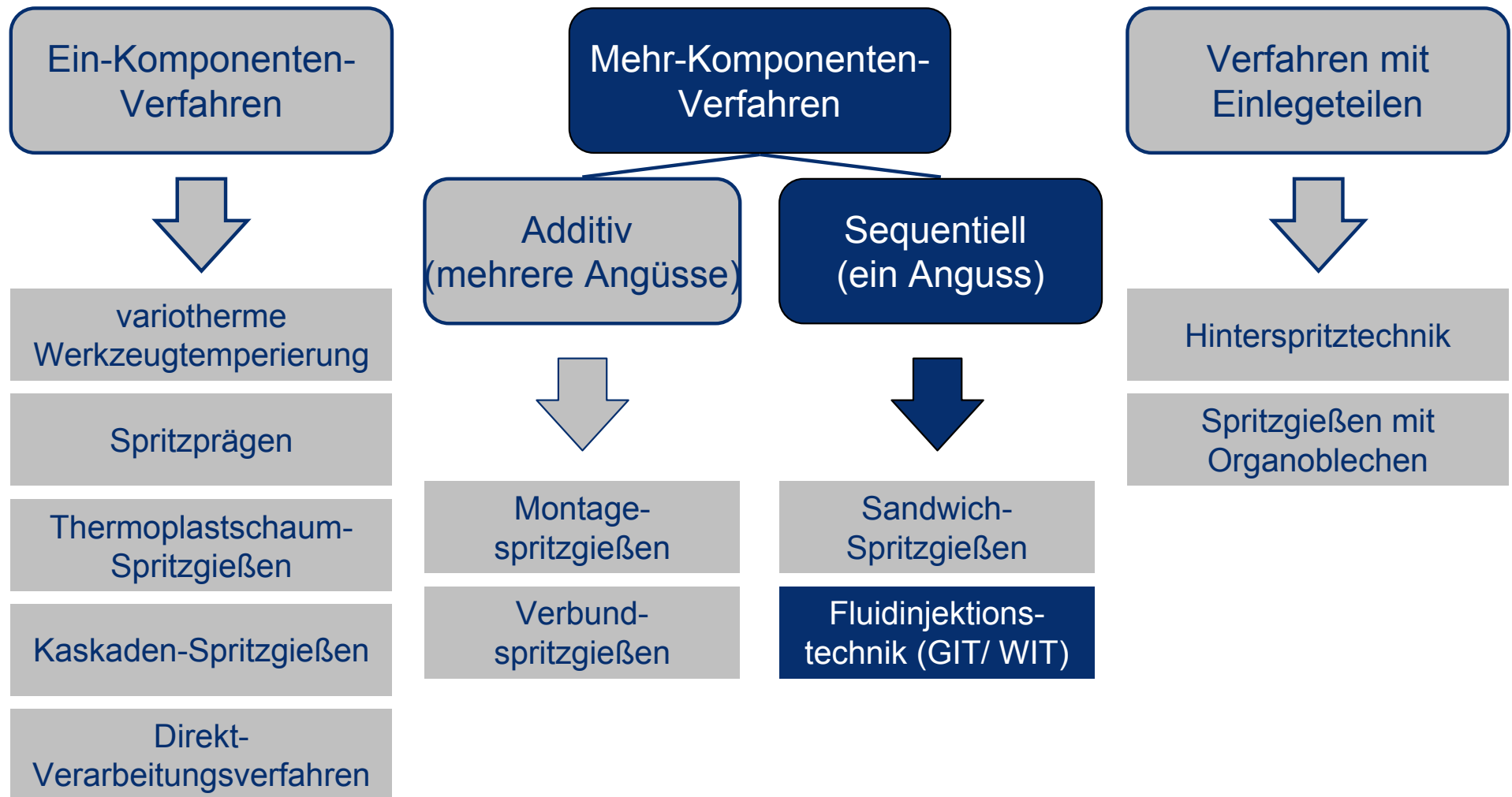
Anschaungsbeispiel



Quelle: Arburg

Fluidinjektionstechnik (GIT & WIT)

Einordnung

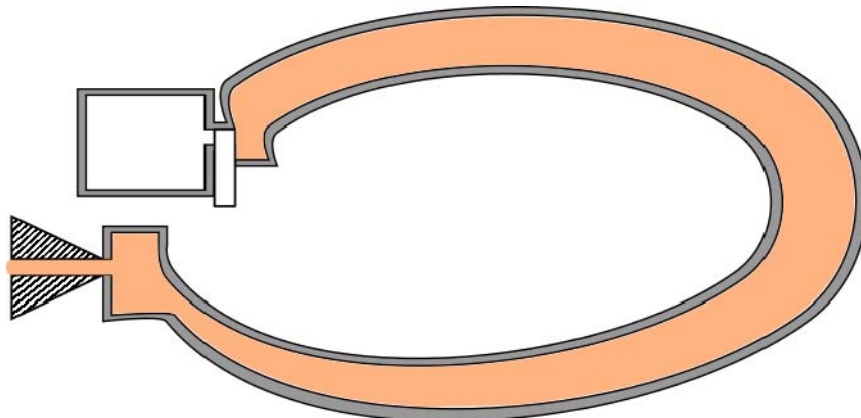


Herstellung von langen, hohlen Bauteilen

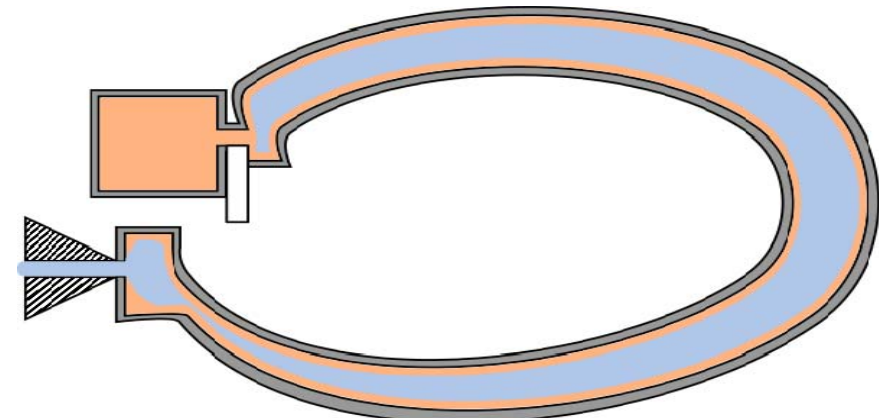
- Verfahren analog zum Sandwich-Spritzgießen
- Injizieren von inertem Gas oder Wasser in die Kavität (anstelle eines zweiten Materials)
- Entstehung von Hohlräumen durch Verdrängung von Schmelze
- Kühlung von innen
- Hohe Gestaltungsfreiheit für komplexe Bauteile



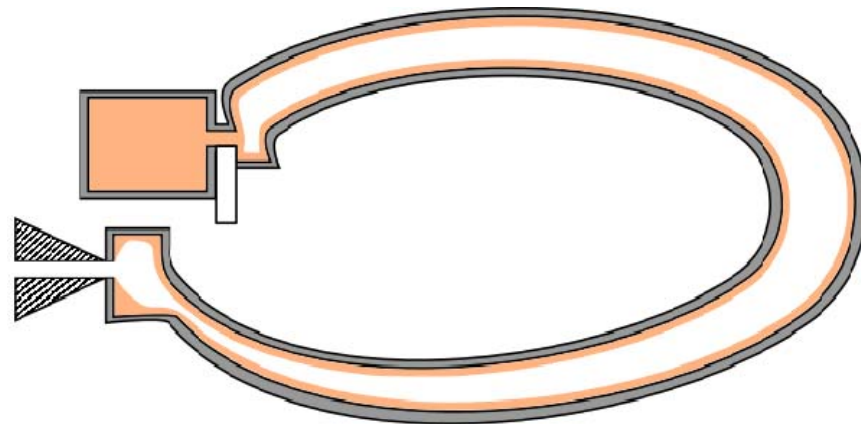
Quelle: Arburg



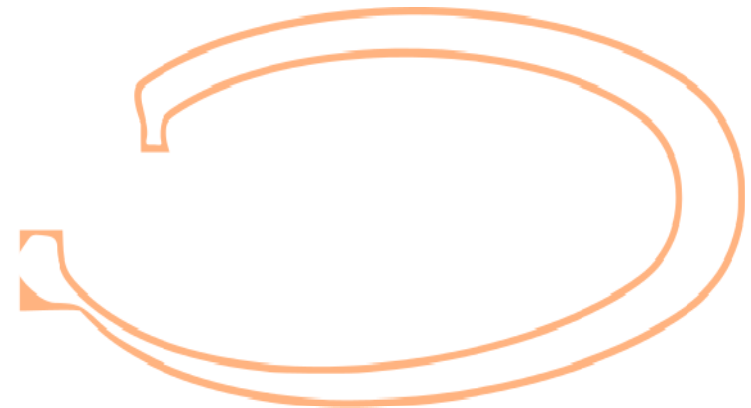
1. Einspritzvorgang



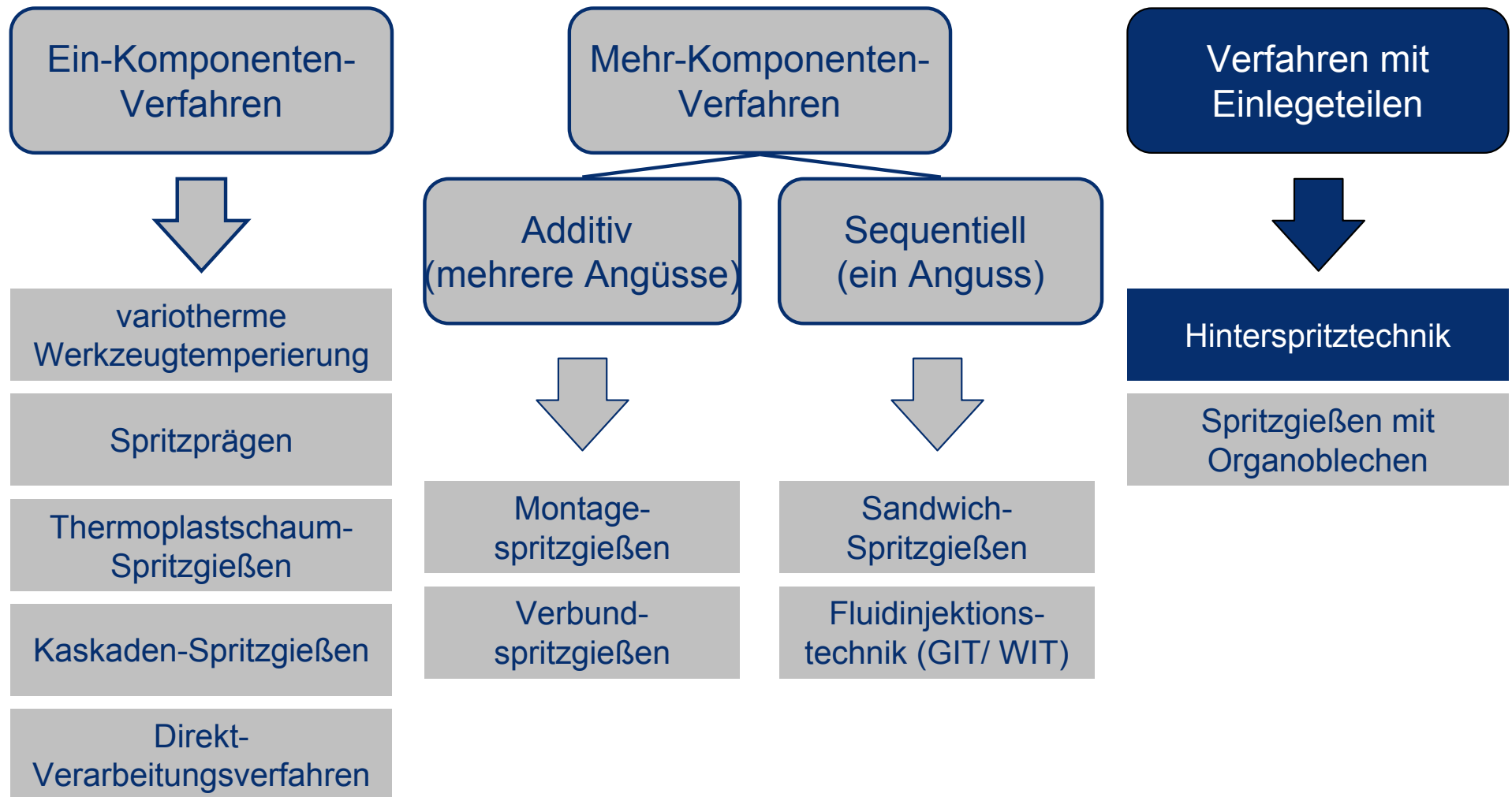
2. Fluidinjektion +
„Overspill“ in Nebenkavität



3. Fluidrückführung nach Nachdruckphase

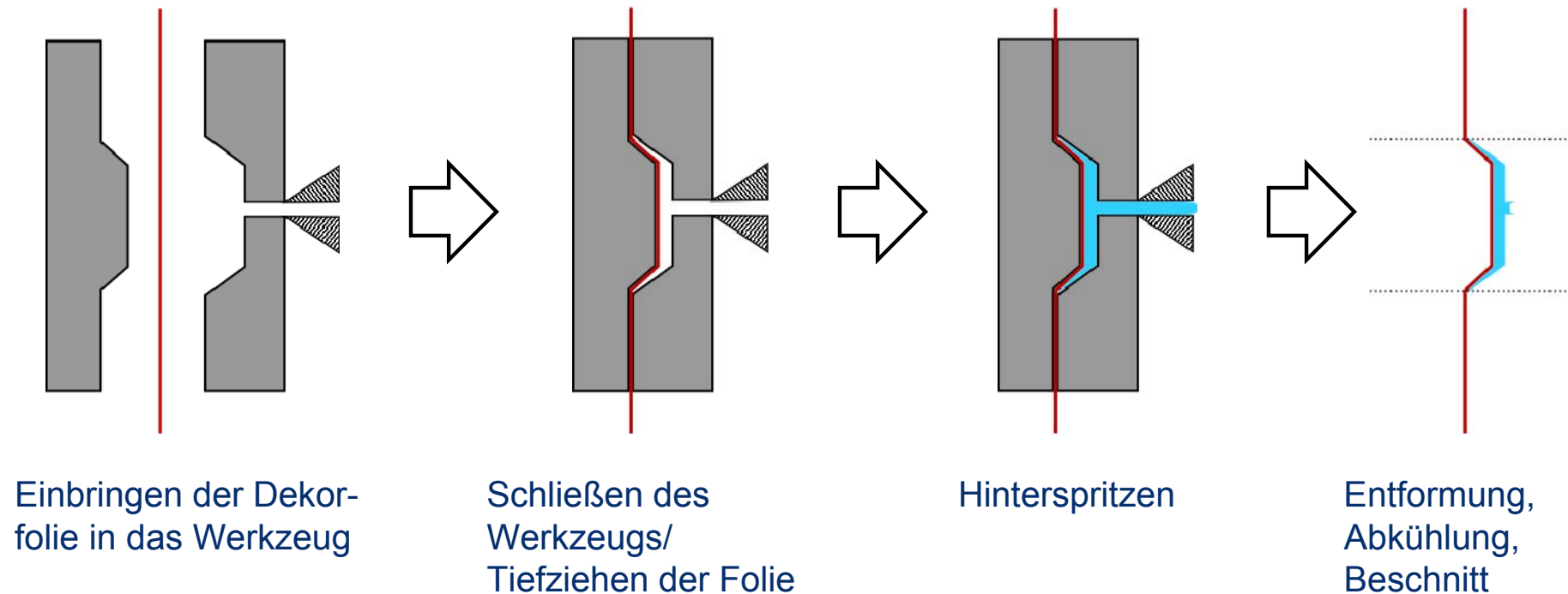


4. Fertiges Hohlkörperbauteil



- Herstellung von Spritzgussteilen mit Oberflächendekoren
- Stoffschlüssiger Verbund aus Thermoplast und Dekorfolie oder -textil

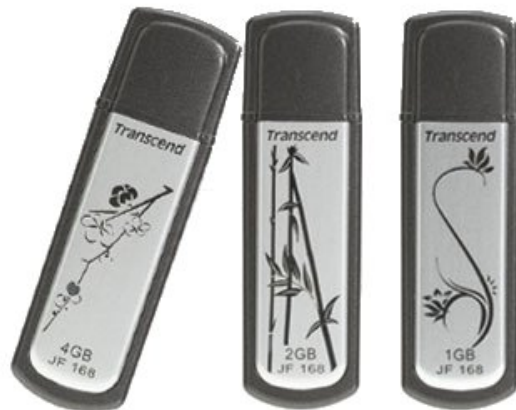
Ablauf:



Hinterspritztechnik

Beispiele

Formteile mit dekorierten Oberflächen



USB-Stick

Quelle: Gizmodo



Handyoberschalen



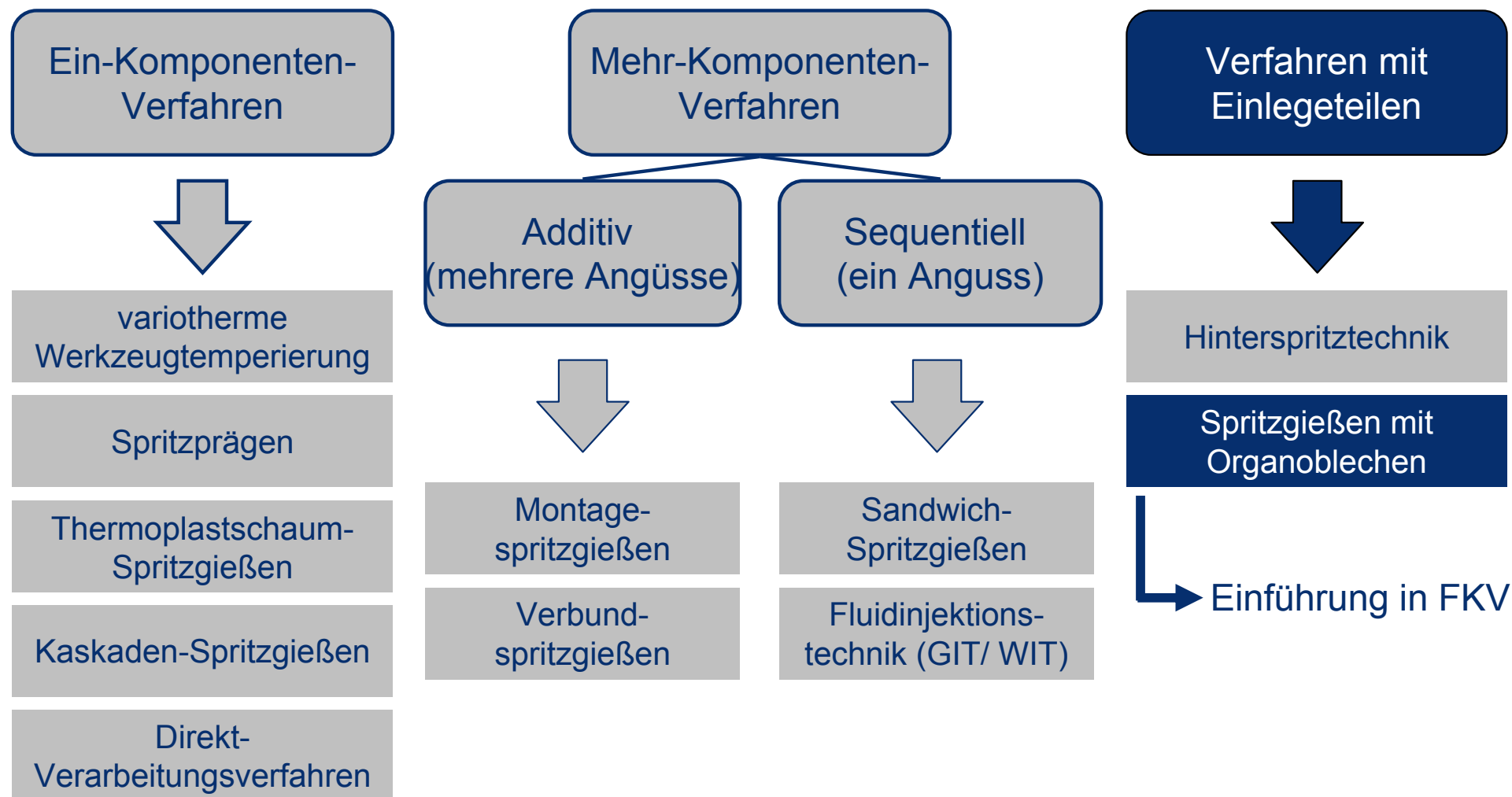
PKW Holzoptik-Verkleidungen

Quelle: Summerer Technologies

Quelle: Nokia

Spritzgießen mit Organoblechen

Einordnung



Spritzgießsonderverfahren ermöglichen die Fertigung von Bauteilen, die jenseits der Grenzen des herkömmlichen Spritzgießens liegen.

- Ordnen Sie die folgenden Punkte einem oder mehreren Sonderverfahren zu
 - spannungsarme Bauteile,
 - hohe Oberflächenqualität,
 - minimaler Verzug,
 - hohe Maßhaltigkeit,
 - Hohlräume,
 - Verbundbauteile und Bauteile mit Gelenken,
 - Leichtbauteile,
 - geringere Anzahl an Verfahrensschritten.

- Einführung in den Spritzgießprozess
 - Aufbau und Komponenten einer Spritzgießmaschine
 - Der Spritzgießprozess
 - Das Plastifizier- und Einspritzaggregat
 - Die Schließeinheit
- Spritzgießwerkzeuge
 - Aufbau, Unterteilung und Anforderungen
- Einfluss des Spritzgießprozesses auf die Eigenschaften des Bauteils
- Sonderverfahren des Spritzgießens
- Spritzstreck-Blasformen

Spritzstreckblasformen

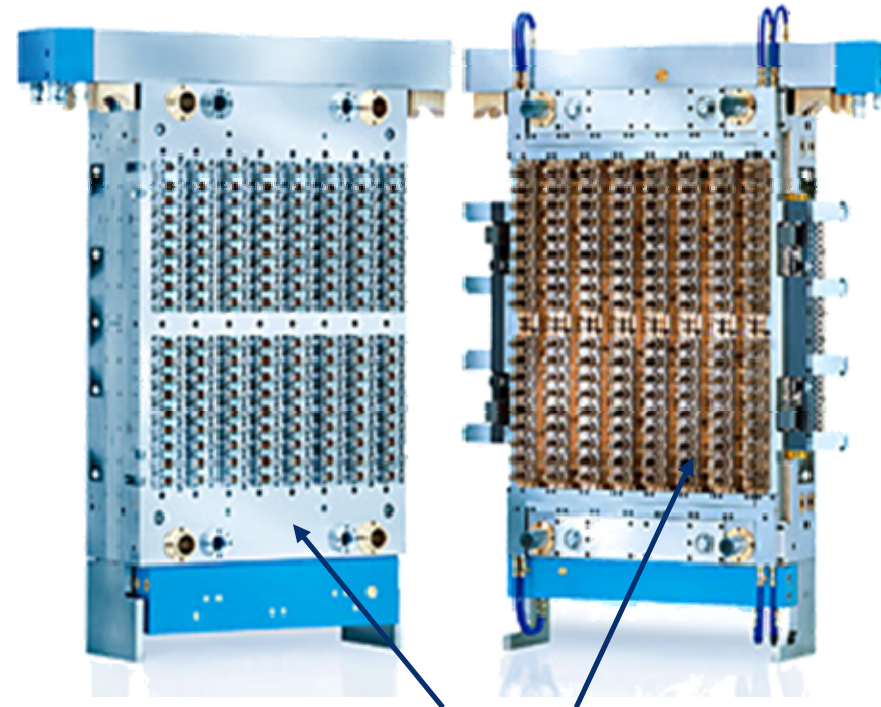
Prozessbeschreibung



Spritzstreckblasformen

Herstellung der Prefoms/Vorformlinge

Bis zu 144 Kavitäten in
einem Werkzeug



Werkzeugkavitäten

Quelle: Otto Hofstetter AG

Spritzstreckblasformen

Spritzstreckblasformen gegenüber Extrusionsblasformen

Einordnung gegenüber dem Extrusionsblasformverfahren:

- + Höhere Druckfestigkeit, da kein Butzen (insbesondere für CO₂-haltige Getränke)
- + Exaktere Kontur in Gewinde- und Hohlkörperbereich
- + Meist dünnwandiger
- Teurer



Quelle: Otto Hofstetter AG

- Erläutern Sie den Prozessverlauf beim Spritzstreckblasen
- Welche Unterschiede gibt es zwischen dem Extrusionsblasformen und Streckblasformen?

Kunststofftechnik

Verarbeitungstechnik:

Spritzgießen

Institut für Kunststofftechnik
Böblinger Straße 70
70199 Stuttgart