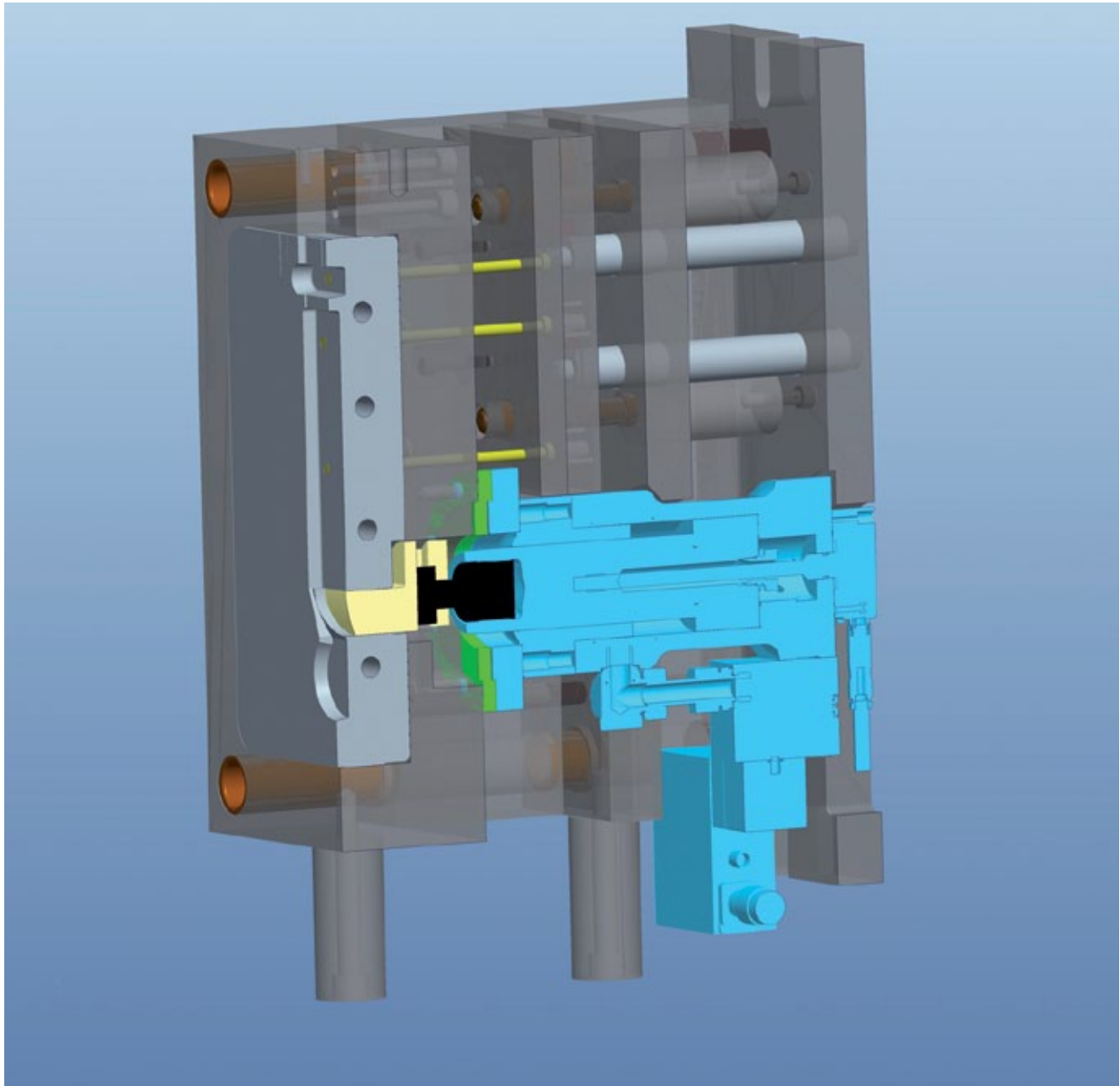


Variable Anschnittgeometrie im Druckgießprozess



FOTOS: HOCHSCHULE AALEN

Schnittdarstellung des primär geregelten Anschnittsystems und dessen Lage im Werkzeug.

VON LOTHAR H. KALLIEN, THOMAS WEIDLER UND UWE GAUERMANN, AALEN

Konventionelles Druckgießen

Beim Druckgießen wird die Schmelze mit Hilfe des Gießkolbens in wenigen Millisekunden in die Kavität befördert. Die daraus resultierende hohe Strömungsgeschwindigkeit verhindert eine vorzeitige

Erstarrung einzelner Werkstückbereiche durch die schnelle Abkühlung. Der hohe statische Innendruck von bis zu 1000 bar am Ende des Füllprozesses dient zur Nachspeisung des während der Abkühlung schwindenden Volumens der Schmelze.

Die verfahrensspezifischen Nachteile sind Gasporosität bzw. Luftpneinschlüsse und Lunkerbildung, wodurch die duktilen Eigenschaften der Bauteile stark herabge-

setzt werden können. Die Gasporositäten können zum größten Teil durch die Anwendung des Vakuumdruckgießverfahrens kompensiert werden, nicht aber die Lunkerbildung.

Die Optimierung der Qualität von Druckgussteilen hinsichtlich der Gasporosität wird in vielen Arbeiten beschrieben. Die Autoren in [1-5] stellen nur Beispiele dar. Die Untersuchungen betreffen im We-

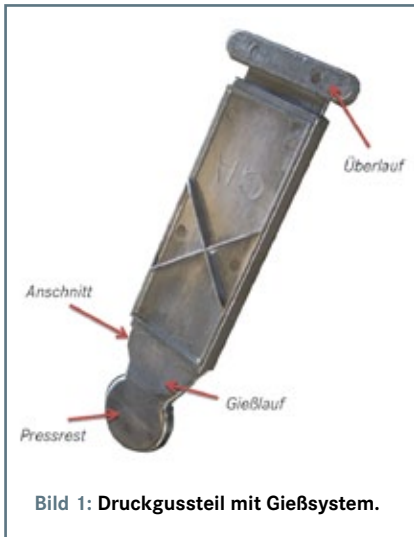


Bild 1: Druckgussteil mit Gießsystem.

sentlichen die Gestaltung der ersten Phase durch eine exakte Berechnung der Wellenbildung des Gießmetalls in der Gießkammer, durch ein beschleunigtes Anfahren des Gießkolbens in der ersten Phase und insbesondere durch die Verbesserung von Entlüftungsmaßnahmen durch Vakuumtechnik, Überläufe, Entlüftungsbahnen und Chillblocks. Da das Druckgießverfahren typischerweise zur Herstellung von dünnwandigen Bauteilen eingesetzt wird, sind zur Verbesserung der Nachspeisung dickwandiger Teile kaum Arbeiten erschienen.

Das Gießsystem eines Druckgussteils (Bild 1) beinhaltet den Pressrest, den Gießlauf, den Ansnchnitt und die Überläufe. Der Ansnchnitt stellt typischerweise eine düsenartige Verengung dar, durch den die Schmelze auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt wird [6]. Die Gestaltung des Ansnchnitts wird im Wesentlichen durch die Anforderungen beeinflusst, die an ihn gestellt werden:

- > optimales Formfüllverhalten zur Minimierung von Lufteinschlüssen;
- > Vermeidung von Kaltfließstellen;
- > Dichtspeisen zur Minimierung von Schwindungsporosität;
- > Schonung empfindlicher Formteile und Vermeidung von Erosion und Auswaschung;
- > wirtschaftliches Abtrennen des Ansnchnitts und
- > Vermeidung einer Beeinträchtigung des Bauteilausehens.

Die Dimensionierung des Ansnchnittes unterliegt einem Zielkonflikt: Ein dünner Ansnchnitt führt zu guten Oberflächen und ist leicht abtrennbar, während ein dicker Ansnchnitt eine optimale Nachspeisung ermöglicht und somit innere Gussfehler minimiert. Diese Widersprüche sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

KURZFASSUNG:

In diesem Beitrag werden Ergebnisse eines im Rahmen des von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) geförderten Forschungsvorhabens mit dem Titel „Regelbares Gießsystem zur Herstellung hochqualitativer Druckgussteile aus Aluminium“ vorgestellt. Untersucht wurde ein innovatives System zur Ansnchnittregelung, bestehend aus Sensor und Aktor, mit dem der Flüssigmetallstrom im Ansnchnitt eines Druckgießwerkzeugs während des Formfüllens und der Erstarrung geregelt werden kann. Unter Nutzung dieses Systems wurden Versuchsparameter ermittelt, die die Herstellung von Gussteilen mit hoher Qualität zulassen.

Mit einem geregelten Ansnchnitt lassen sich auch qualitativ gute, druckgussuntypische, dickwandige Bauteilen herstellen.

Tabelle 1: Anforderungen an das Gießsystem.

Anforderung	Gießsystem	Wirkung
Gute Abbildung der Formgeometrie	Dünner Ansnchnitt	Hohe Geschwindigkeit große Fließlänge kurze Formfüllzeit
Gute Oberflächenbeschaffenheit	Dünner Ansnchnitt	Hohe Geschwindigkeit große Fließlänge kurze Formfüllzeit
Gute mechanische Eigenschaften bei dünnwandigen Gussteilen	Dicker Ansnchnitt	Niedrige Geschwindigkeit keine Verwirblung kein Einschließen von Luft gutes Speisungsverhalten
Geringe Schwindungsporositäten	Dicker Ansnchnitt	Niedrige Geschwindigkeit keine Verwirbelung kein Einschließen von Luft gutes Speisungsverhalten
Wirtschaftliche Trennung des Gießsystems vom Gussteil	Dünner Ansnchnitt	Hohe Geschwindigkeit große Fließlänge kurze Formfüllzeit

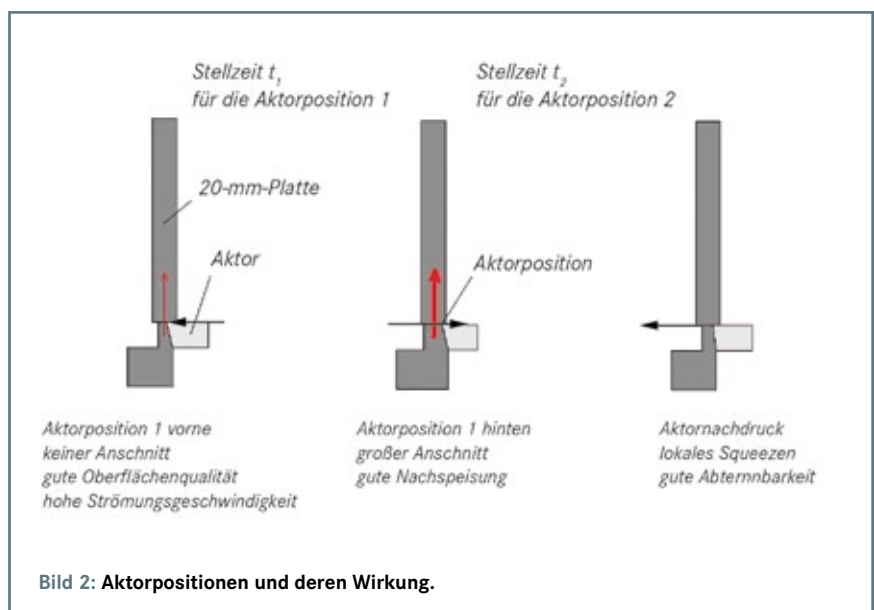


Bild 2: Aktorpositionen und deren Wirkung.

Druckgießen mit veränderlichem Ansnchnitt

Im Rahmen des von der AiF geförderten Forschungsvorhabens wurde ein regelbares Gießsystem entwickelt, mit dem die

Ansnchnittdicke während des Füllvorgangs variiert werden kann, um die jeweiligen Nachteile und Zielkonflikte bei der Ansnchnittgestaltung auszuräumen zu können. Bild 2 zeigt systematisch die Wirkungsweise des geregelten Gießsystems, das in der

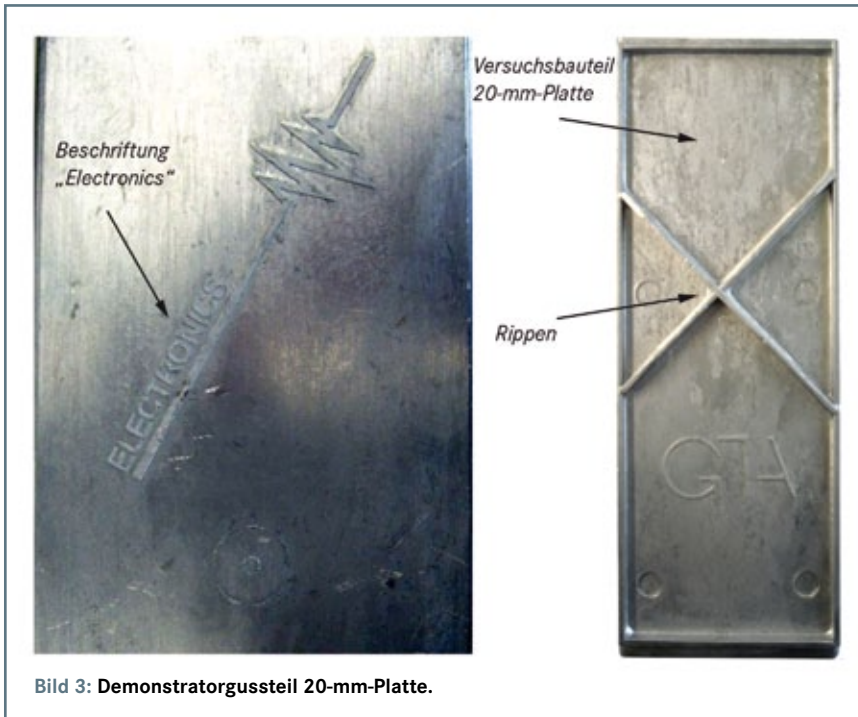


Bild 3: Demonstratorgussteil 20-mm-Platte.

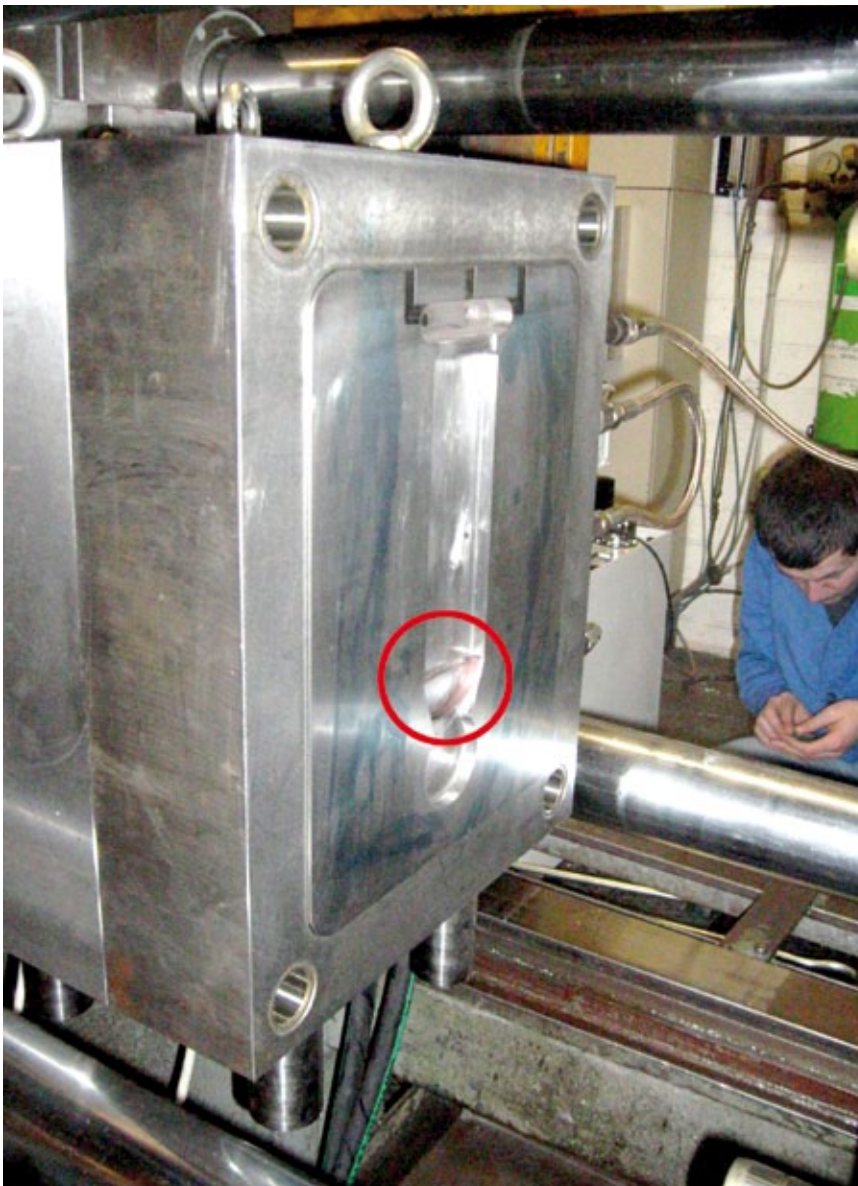


Bild 4: Bewegliche Seite des Versuchswerkzeuges mit rot markiertem, beweglichem Anschnitt.

Lage ist, während der kurzen Formfüllzeit von wenigen Millisekunden die Ansnittdicke und damit die Strömungsgeschwindigkeit der eintretenden Schmelze zu verändern. Somit wird der Formfüllvorgang nicht mehr nur über das Hydrauliksystem des Gießkolbenantriebs beeinflusst – die überwachte und geregelte Größe ist der Flüssigmetallstrom im Gießlauf der Form. Damit besteht die Möglichkeit, gleichzeitig ein optimales Formfüllen mit kleinem Ansnittquerschnitt als auch eine optimale Nachspeisung sicherzustellen.

Den Aufbau des hydraulischen Aktors im Werkzeug zeigt die schematische Darstellung auf S. XXX. Der bewegliche Ansnitt befindet sich in der beweglichen Formseite des Versuchswerkzeugs.

Als Versuchsgussteil wurde eine 20-mm-Platte verwendet, wie in Bild 3 gezeigt. Um bei einer Wanddicke von 20 mm ein gutes Formfüllen nachweisen zu können, wurden auf einer Plattenseite Rippen mit einer Wanddicke von 2 mm und eine Beschriftung angebracht.

Zur Versuchsdurchführung kam ein Versuchsaufbau mit folgenden Komponenten zum Einsatz:

- > Kaltkammermaschine GDK 200 t;
- > Hydraulikaggregat;
- > Versuchswerkzeug (Bild 4);
- > Vakuumeinrichtung;
- > Aktorregelung und
- > Messwerterfassung.

Die logische Verknüpfung der Komponenten zeigt Bild 5 schematisch.

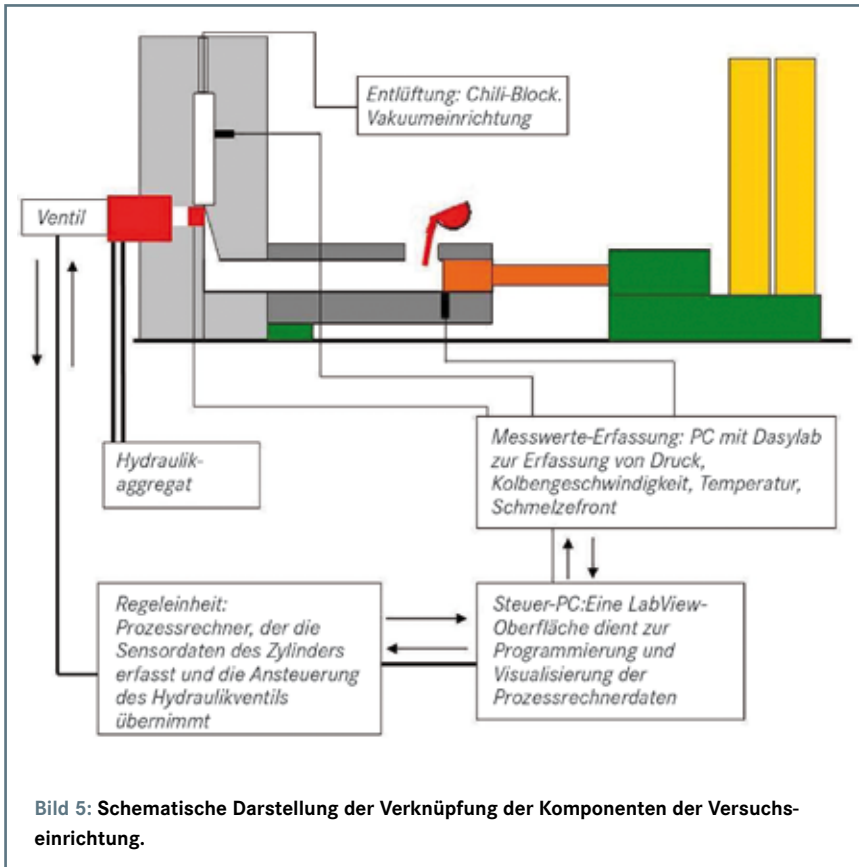
Basierend auf einem statistischen Versuchsplan wurde der Einfluss von Ansnittöffnungsweg und Ansnittöffnungszeiten während des Gießvorganges untersucht. Hierbei bezeichnet die Stellzeit t_1 die Zeit bis zur Öffnung des Ansnitts, die Schließzeit t_2 die Zeit bis zum Schließen des Ansnitts. Die übrigen Einstellungen der Druckgießmaschine wurden konstant gehalten. Gegossen wurde mit folgenden Prozessparametern:

- > Gießkolbengeschwindigkeit in der 2. Phase: 3 m/s,
- > 3. Phase: spezifischer Druck 800 bar und
- > Formtemperatur 130 °C.

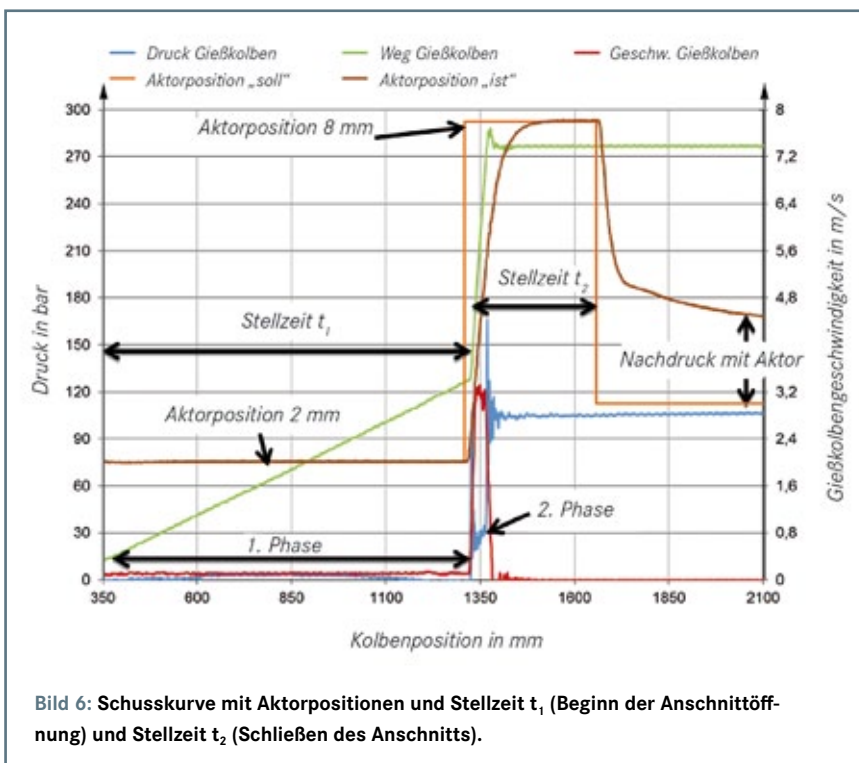
Im späteren Verlauf der Experimente wurde darüber hinaus der Einfluss einer Waschbrettentlüftung mit und ohne Vakuumunterstützung untersucht.

Der bewegliche Ansnitt wird über eine Sollvorgabe in Form einer Regelkurve gesteuert. In Bild 6 ist eine typische Schusskurve mit den Aktorpositionen dargestellt.

Der Aktor und damit der Ansnitt befindet sich zum Zeitpunkt 0 ms bei 2 mm, nach der Stellzeit t_1 öffnet der Ansnitt auf 8 mm. Nach Ablauf der Zeit t_2 schließt der Ansnitt wieder. Durch eine solche



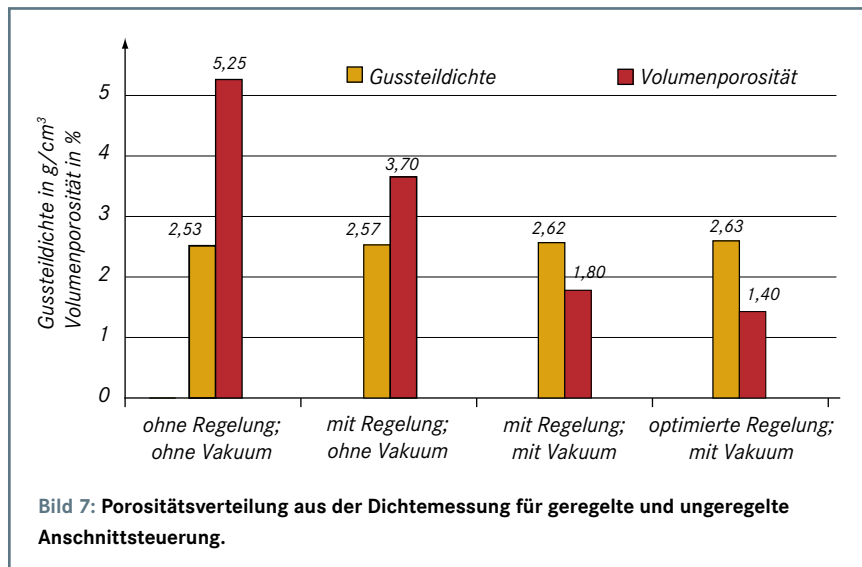
ORT- MANN ANZEIGE 1/3 54 x 260



Öffnungscharakteristik sind ein gutes Formfüllen bei kleinem Anschnitt und damit hohen Strömungsgeschwindigkeiten sowie eine gute Nachverdichtung bei großem Anschnittquerschnitt möglich. Durch das Zufahren des Anschnitts am Ende werden lokale Squeezeeffekte wirksam, die zur Nachverdichtung des Gussteils beitragen. Darüber hinaus ist der Anschnitt da-

nach dünner, was zu einer wirtschaftlichen Nachbearbeitung beiträgt.

Um eindeutige Effekte nachweisen zu können, wurde ein statistischer Versuchsplan aufgestellt. Insgesamt wurden 18 Serien mit unterschiedlichen Anschnittsoll-einstellungen abgegossen, für jede Einstellung wurden mehrere Gussteile hergestellt.



Die gegossenen Teile wurden einer Dichte- und Volumenporositätsmessung nach dem archimedischen Verfahren unterzogen. Anschließend wurden ausgewählte Teile mit der 3-D-Computertomographie untersucht, um Gussfehler im Inneren des Teils darstellen zu können.

Versuchsauswertung

Die Ergebnisse aus der Dichtemessung zeigt **Bild 7** für unregelte und geregelte Schusskurven. Es wird deutlich, welches Potential in der geregelten Anschnittsteuerung liegt. Dabei war zu erwarten, dass der zusätzliche Einsatz eines Vakuumsystems die besten Ergebnisse erzielen würde. **Bild 8** zeigt beispielhaft 3-D-Computer-

tomographieaufnahmen von vier Teilen aus vier unterschiedlichen Versuchsserien, die alle mit der neuen Anschnittregelung und Vakuum hergestellt wurden. Die Einstellungen waren wie folgt:

- > Bild 8a: Porosität 3,7 %, Aktorposition 2 5 mm, Stellzeit t_2 500 ms;
- > Bild 8b: Porosität 3,4 %, Aktorposition 2 6,5 mm, Stellzeit t_2 350 ms;
- > Bild 8c: Porosität 1,6 %, Aktorposition 2 8 mm, Stellzeit t_2 350 ms;
- > Bild 8d: Porosität 1,4 %, Aktorposition 2 8 mm, Stellzeit t_2 500 ms;

Es ist offensichtlich, dass die maximale Anschnittöffnung von 8 mm die beste Nachspeisung und damit die geringste Porosität ermöglicht (Bild 8d). Kommt der Nach-

druck durch das Schließen des Anschnitts zu früh (Bild 8c - Stellzeit $t_2 = 350$ ms), ist das Teil noch nicht weit genug erstarrt und ein Teil der Erstarrungsschwindung erfolgt ohne Nachspeisung. Das optimale Ergebnis wurde nach einer Stellzeit $t_2 = 500$ ms erreicht, das bedeutet, der Anschnitt fährt erst nach einer halben Sekunde zu. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Schließvorgang des Anschnitts nicht unmittelbar, sondern wie in der Schusskurve in Bild 6 dargestellt im Bereich von Zehntelsekunden abläuft. Der Nachdruck wirkt damit, vergleichbar einem lokalen Squeezer, lange auf die erstarrende Schmelze ein.

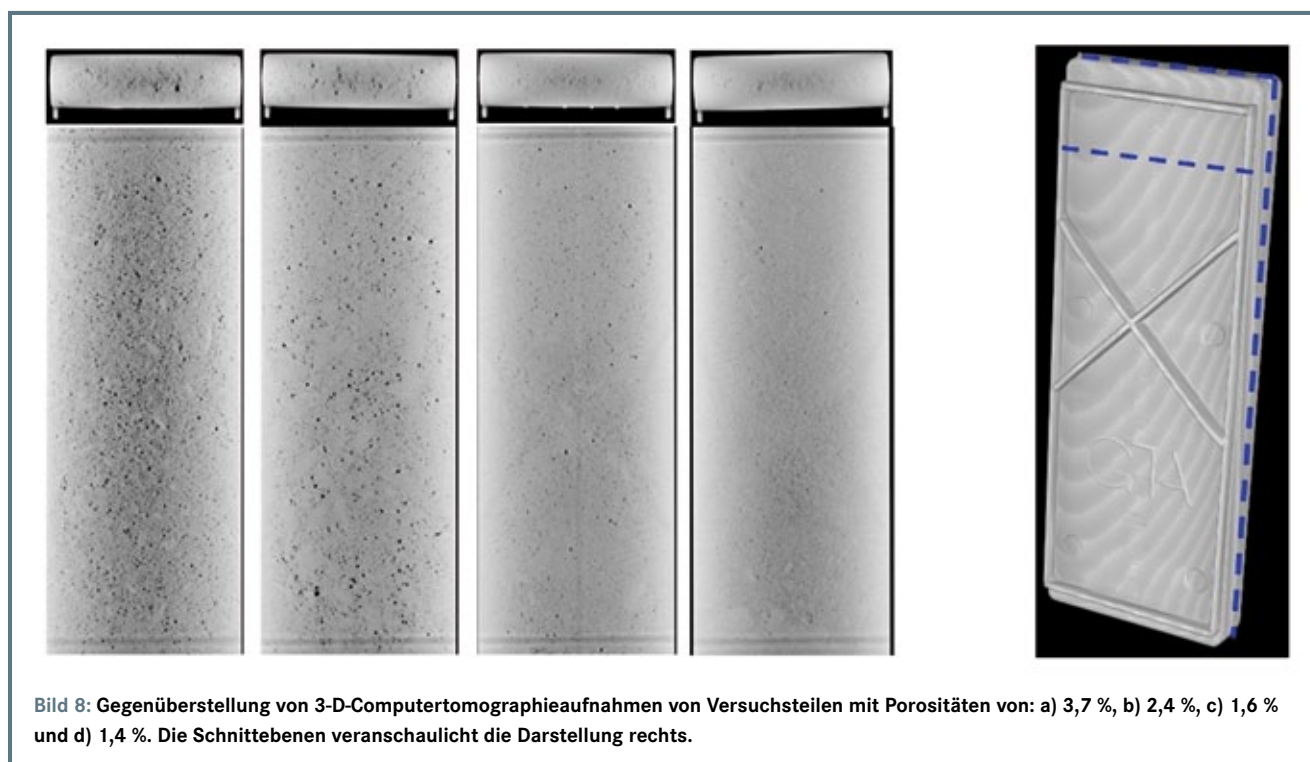
Durch die statistische Versuchsplanung konnten die Effekte und Wechselwirkungen der einzelnen Parameter mit statistisch gesicherter Genauigkeit nachgewiesen werden.

Bewertet wurde die gemessene Dichte der Proben. So zeigt **Bild 9**, dass die Stellzeit t_1 einen wesentlich größeren Einfluss auf das Ergebnis hat als die Aktorposition 1. Dagegen hat die Aktorposition 2 einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis (**Bild 10**).

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die beste Teilequalität mit folgenden Versuchsparametern erzielt wurde:

- > Aktorposition 1 = 2 mm,
- > Aktorposition 2 = 8 mm,
- > Stellzeit $t_1 = 1200$ ms,
- > Stellzeit $t_2 = 500$ ms,
- > Gießen mit Vakuum,
- > Anschließendes Nachverdichten durch den Aktor



Mit einem geregelten Anschnitt lassen sich auch bei dickwandigen Teilen von 20 mm Wanddicke qualitativ gute Teile herstellen. Es wurde nachgewiesen, dass das Druckgießverfahren hinsichtlich der Einsatzgrenzen deutlich erweitert werden kann. Die vorliegenden Versuchsdaten sind als erste Ergebnisse zu verstehen, die Möglichkeiten und die Verfahrensgrenzen des geregelten Anschnitts werden in nachfolgenden Vorhaben untersucht werden.

Das Forschungsvorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert. Die Autoren danken der AiF und dem BMWi für die finanzielle Unterstützung des AiF-Vorhabens.

Prof. Dr. Lothar H. Kallien, Ing. Thomas Weidner und Ing. Uwe Gauermann, Hochschule Aalen, Fakultät Maschinenbau und Werkstofftechnik

Literatur:

- [1] Gießerei-Praxis (1974) Nr. 8, S. 141-156.
- [2] Gießerei-Praxis (1986) Nr. 19, S. 244-249.
- [3] Gießerei-Praxis (1998) Nr. 10, S. 401-404.
- [4] Gießereiforschung 52 (2000) Nr. 4, S. 154-156.
- [5] Gießerei-Praxis (2002) Nr. 3, S. 95-100.
- [6] Venus, W.: VDG-Taschenbuch 3. Anschnitttechnik für Druckguss. Gießerei-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1975.

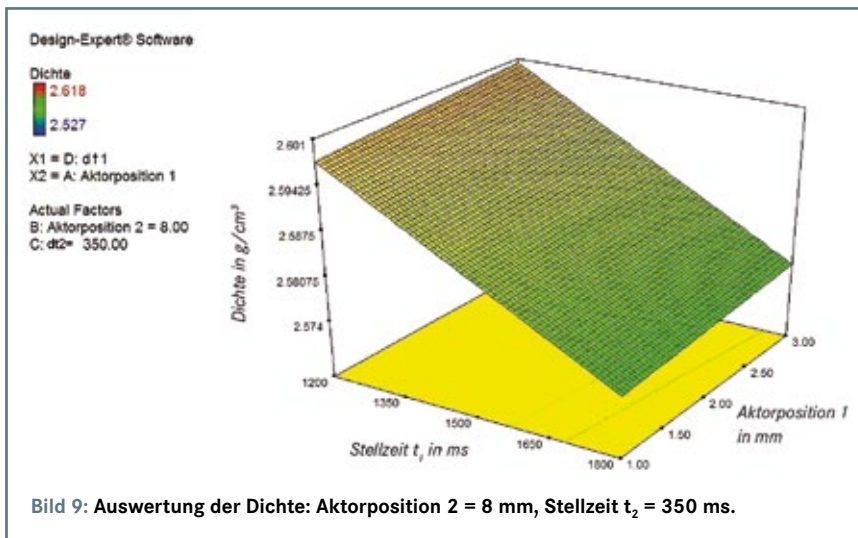


Bild 9: Auswertung der Dichte: Aktorposition 2 = 8 mm, Stellzeit t_2 = 350 ms.

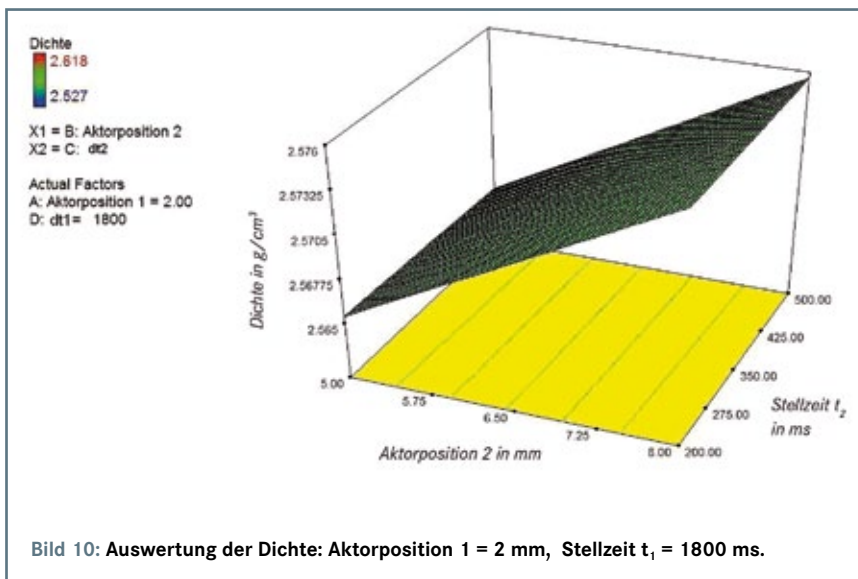


Bild 10: Auswertung der Dichte: Aktorposition 1 = 2 mm, Stellzeit t_1 = 1800 ms.

Korrektur:

Bedauerlicherweise sind in der **GIESSEREI, Ausgabe 07/2012, S. 37**, zwei falsche Abbildungen veröffentlicht worden. Hier nun die korrekten Abbildungen zum Beitrag „**Neue, höchstfeste ADI-Werkstoffe für den Automobilbau**“.

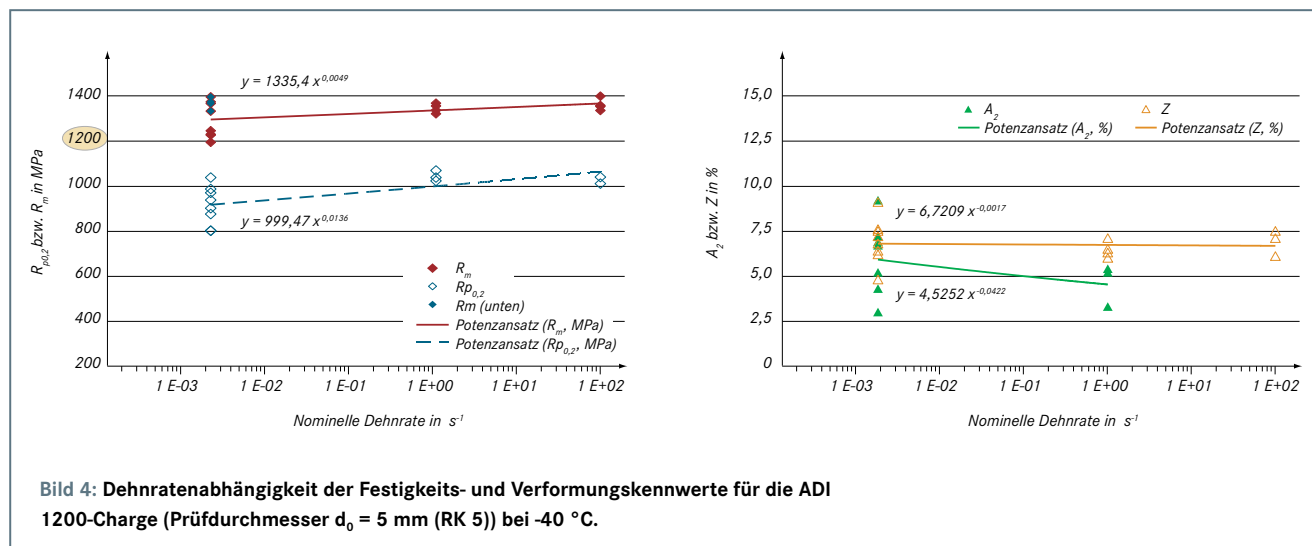


Bild 4: Dehnratenabhängigkeit der Festigkeits- und Verformungskennwerte für die ADI 1200-Charge (Prüfdurchmesser $d_0 = 5$ mm (RK 5)) bei -40 °C.