



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.10.2021 Patentblatt 2021/41

(51) Int Cl.:
B22D 17/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21164291.3**

(22) Anmeldetag: **23.03.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Oskar Frech GmbH + Co. KG**
73614 Schorndorf (DE)

(72) Erfinder: **Maurer, Peter**
96047 Bamberg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **09.04.2020 DE 102020204634**

(54) **GISSKOLBENSYSTEM UND GIESSVERFAHREN FÜR EINE DRUCKGIESSMASCHINE**

(57) 1. Gießkolbensystem und Gießverfahren für eine Druckgießmaschine.

2.1. Die Erfindung bezieht sich auf ein Gießkolbensystem für eine Druckgießmaschine, wobei das Gießkolbensystem einen stationären Systemteil (1) und einen in einem jeweiligen Gießzyklus zum Einbringen von Schmelzmaterial in eine Gießform gegenüber dem stationären Systemteil bewegten Systemteil (2) beinhaltet, der einen Gießkolben (3), eine Gießkolbenstange (4) und eine Stangenantriebseinheit (5) umfasst und zur Abbremsung am Ende einer Formfüllphase des Gießzyklus unter Druckeinwirkung auf das Schmelzmaterial eingerichtet

ist, sowie auf ein Gießverfahren für eine Druckgießmaschine mit einem solchen Gießkolbensystem.

2.2. Erfindungsgemäß weist der bewegte Systemteil (2) eine zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellbare Masse auf, und/oder der bewegte Systemteil besteht aus einem bewegten Systemhauptteil (2a) und einer gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordneten Zusatzmasseneinheit (Z_E), die zur Abbremsung am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine vorgebbare Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil eingerichtet ist.

2.3. Verwendung in der Druckgusstechnik.

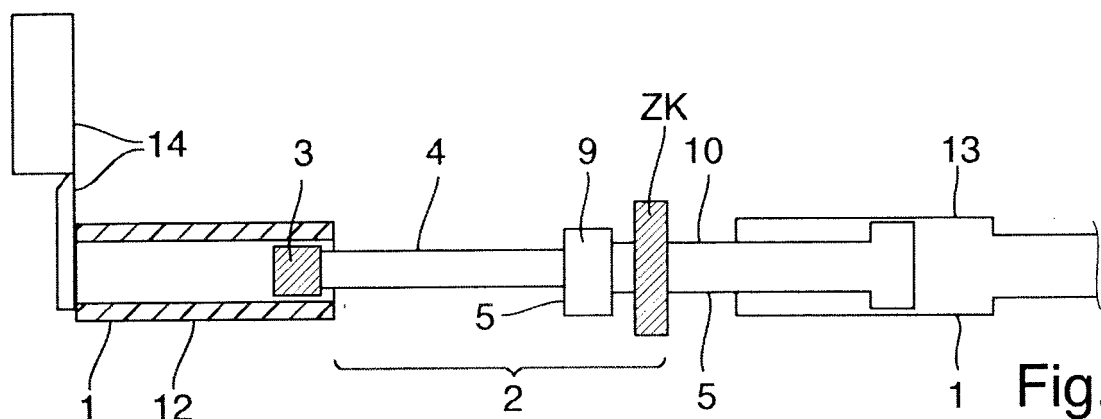


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Gießkolben-system für eine Druckgießmaschine, wobei das Gießkol-bensystem einen stationären Systemteil und einen in ei-nem jeweiligen Gießzyklus zum Einbringen von Schmel-
5 zematerial in eine Gießform gegenüber dem stationären Systemteil bewegten Systemteil beinhaltet, der einen Gießkolben, eine Gießkolbenstange und eine Stangen-antriebseinheit umfasst und zur Abbremsung am Ende
10 einer Formfüllphase des Gießzyklus unter Druckeinwirkung auf das Schmelzematerial eingerichtet ist, sowie auf ein Gießverfahren für eine Druckgießmaschine mit einem solchen Gießkolbensystem.

[0002] Gießkolbensysteme dieser Art und zugehörige Gießverfahren sind zur Verwendung in Druckgießma-schinen allgemein bekannt, insbesondere zum Druck-gießen metallischer Teile. Der jeweilige Gießzyklus setzt sich dabei üblicherweise aus einer Vorfüllphase, in der das Schmelzematerial bis zu einem Gießformeintritt transportiert bzw. vorbewegt wird, einer Formfüllphase,
15 in der das Schmelzematerial in die Gießform gedrückt wird, und einer Nachdruckphase zusammen, in der über den Gießkolben ein Nachdruck auf das Schmelzema-terial in der Gießform ausgeübt wird. Der Transport des Schmelzmaterials zur und in die Gießform erfolgt durch die entsprechende schmelzefördernde Bewegung des bewegten Systemteils gegenüber dem stationären Sys-temteil des Gießkolbensystems. Unter dem stationären Systemteil ist hierbei vorliegend der z.B. an einem zuge-
20 hörigen Maschinenaufbau der Druckgießmaschine stationär gehaltene Teil des Gießkolbensystems zu verste-hen, während unter dem bewegten Systemteil derjenige Teil des Gießkolbensystems zu verstehen ist, der sich für diesen Schmelzetransport gegenüber dem stationä-ren Systemteil bewegt, d.h. alle für diesen Zweck beweg-ten und am Ende der Formfüllphase abgebremsten Kom-
25 ponenten des Gießkolbensystems. Bei diesem Ab-bremsvorgang am Ende der Formfüllphase wird der be-wegte Systemteil in seiner die Schmelze in die Gießform drückenden Vorwärtsbewegung vollständig oder jeden-falls weitestgehend abgebremst, wobei eine etwaige restliche Vorwärtsbewegung oder eine gewisse Rückfe-derungs- bzw. Schwingungsbewegung spätestens in der anschließenden sogenannten Nachdruckphase abge-
30 baut wird und der bewegte Systemteil spätestens dann, wenn nicht schon am Ende der Formfüllphase, vollstän-dig zum Stillstand kommt.

[0003] Zum bewegten Systemteil gehören üblicher-weise der Gießkolben, die Gießkolbenstange, an deren vorderem Ende der Gießkolben angekoppelt ist, und die Stangenantriebseinheit, welche die Gießkolbenstange zum Transport des Schmelzmaterials durch den Gießkolben antreibt und typischerweise einen Antriebs-
35 kolben und eine Gießkolbenkupplung umfasst, über wel-che die Gießkolbenstange an ihrem dem Gießkolben ge-genüberliegenden Ende an den Antriebskolben ange-koppelt ist. Der Antriebskolben ist üblicherweise Teil des

sogenannten Gießaggregats, das den antreibenden Teil des Gießkolbensystems bezeichnet. Der Gießkolben und die Gießkolbenstange sind typischerweise Teil des sogenannten Gießbestecks, das den angetriebenen Teil
5 des Gießkolbensystems bezeichnet. An den Antriebskol-ben kann als weiterer Bestandteil des Gießaggregats op-tional eine sogenannte Multiplikatoreinheit oder Druckü-bersetzereinheit angekoppelt sein, die zur Bereitstellung des Nachdrucks in der Nachdruckphase dient. Zum sta-tionären Systemteil des Gießkolbensystems gehören insbesondere diejenigen Bauteile, welche zur Bewe-gungsführung der Komponenten des bewegten System-
10 teils dienen, z.B. ein Gießzylinder, in dem der Antriebs-kolben geführt ist, und ein Gießkammerkörper, der eine z.B. zylindrische Gießkammer definiert, in der sich die Schmelze anfänglich befindet und in der sich der Gießkolben bewegt.

[0004] Am Ende der Formfüllphase wird der bewegte Systemteil durch das die Gießform füllende Schmelze-material in seiner Vorwärtsbewegung relativ abrupt voll-
15 ständig oder weitestgehend bis zum Stillstand abge-bremst, wobei sich eine sogenannte erste Druckspitze für das Schmelzematerial in der Gießform bildet. Diese erste Druckspitze ist für eine Erstverdichtung des Schmelzmaterials in der Gießform von Bedeutung, ins-besondere in Bereichen der Gießform bzw. des entste-henden Gießteils, die von einem Anschnittbereich, in welchem das Schmelzematerial in die Gießform eintritt, relativ weit entfernt sind. Die Druckmultiplikation in der
20 Nachdruckphase entfaltet dort aufgrund ihrer technisch bedingten zeitlichen Verzögerung und der einsetzenden Schmelzeerstarrung oftmals keine allein ausreichende Wirkung mehr. So kann z.B. bei Druckgießmaschinen vom Kaltkammertyp kleinerer und mittlerer Bauart die typische Formfüllzeit, d.h. Zeitdauer der Formfüllphase, im Bereich von 10ms bis 15ms liegen, während teilweise die Druckmultiplikationswirkung bauartbedingt in der Nachdruckphase um 15ms bis 35ms gegenüber dem En-de der Formfüllphase verzögert ist.

[0005] Hinsichtlich der ersten Druckspitze in der Gießform werden herkömmlich gegensätzliche Prozess-ziele betrachtet. Einerseits soll die erste Druckspitze groß genug sein, um eine hinreichende Erstverdichtung des Schmelzmaterials in der Gießform zu erreichen.
25 Andererseits führt eine zu große erste Druckspitze in der Gießform zum sogenannten Überspritzen der Form, wo-runter verstanden wird, dass in der Formtrennebene, d.h. in der die bewegliche Formhälfte und die stationäre Formhälfte trennenden Ebene, Schmelze über die Form-kontur hinaustritt, was eine unerwünschte Gratbildung und die Notwendigkeit einer nachträglichen mechani-schen Zusatzbearbeitung verursacht. Herkömmlicher-weise wird der Einhaltung dieser Prozessziele hinsicht-lich der ersten Druckspitze dadurch Rechnung getragen,
30 dass ein dezidiertes Geschwindigkeitsprofil für den Ver-lauf der Geschwindigkeit des Gießkolbens und damit auch der übrigen Komponenten des bewegten System-teils des Gießkolbensystems über den Gießzyklus hin-

weg vorgegeben wird, insbesondere im Zeitraum der Formfüllphase. Dabei sind allerdings für die Wahl einer optimalen Gießkolbengeschwindigkeit insbesondere auch während der Formfüllphase zusätzliche Prozessparameter zu berücksichtigen, wie bezüglich des Strömungsverhaltens des Schmelzmaterials in der Gießkammer, der Optimierung der Dauer der Formfüllphase, der Minimierung von Luftwirbelung und Formverschleiß sowie der Gießformgeometrie, des Strömungswiderstands des Schmelzmaterials und der Leistungsfähigkeit des Gießaggregats als dem antriebsrelevanten Teil des Gießkolbensystems.

[0006] Die Patentschrift DE 34 33 121 C1 offenbart ein Gießkolbensystem mit einer Gießkolbenkupplung, in die eine hydraulische Dämpfungsvorrichtung für die Stangenantriebseinheit mit einem Dämpfungsraum und einem in diesem verschiebbaren DämpfungsKolben sowie einem federbelasteten Steuerkolben integriert ist, der sich trägheitsbedingt am Ende der Formfüllphase nach Abbremsung des Gießkolbens noch etwas weiterbewegen kann und zwischen dem Dämpfungsraum und einem Speicherraum verlaufende Bohrungen nur in diesem Dämpfungsfall freigibt und ansonsten absperrt.

[0007] In der Offenlegungsschrift JP 8-300134 A ist ein Gießkolbensystem offenbart, bei dem die Gießkolbenkupplung einen Druckraum aufweist, in welchem sich ein explosives Medium befindet, das beim Übergang von der Vorfüllphase zur Formfüllphase zur Explosion gebracht werden kann, um die Gießkolbenstange samt Gießkolben zur Durchführung der Formfüllphase gegenüber der Stangenantriebseinheit beschleunigt vorzubewegen.

[0008] Die Offenlegungsschrift DE 42 18 556 A1 offenbart ein Gießkolbensystem mit einem hydraulischen Zweikreis-Gießantrieb für einen Presskolben einerseits und einen MultiplikatorKolben andererseits und mit einer zugehörigen Ventilsteuerung, die schnell regelbare Servo-Proportional-Ventile benutzt, um die zur Beaufschlagung des jeweiligen Kolbens erforderlichen Hydraulikmediummengen aufeinander abgestimmt regeln zu können.

[0009] Die Patentschrift DE 28 33 063 C2 offenbart ein Gießkolbensystem mit einem hohl ausgeführten Gießkolben und einer Gießkolbendämpfung zwischen Kolbenstange und Gießkolben, durch die sich die Kolbenstange zusammen mit einem inneren Kolben ein Stück weit in den hohlen Gießkolben hinein bewegen kann, wenn sie am Ende der Formfüllphase gleichzeitig mit dem Gießkolben abgebremst wird.

[0010] Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Gießkolbensystems der eingangs genannten Art, das gegenüber dem oben erläuterten Stand der Technik Vorteile bei der Durchführung von Gießvorgängen im Hinblick auf die Erzielung einer hohen Qualität der hergestellten Gießteile ermöglicht, sowie eines Gießverfahrens für eine mit einem solchen Gießkolbensystem ausgerüstete Druckgießmaschine zugrunde.

[0011] Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Gießkolbensystems mit den Merkma-

len des Anspruchs 1 sowie eines Gießverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

5 **[0012]** Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist der bewegte Systemteil des Gießkolbensystems eine zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellbare Masse auf. Unter der veränderlich einstellbaren Masse ist hierbei vorliegend die sogenannte starre Masse, d.h. die Festkörpermasse, des bewegten Systemteils zu verstehen. Dies bedeutet, dass die Masse von möglicherweise vorhandenen bewegten Gasen und Fluiden, wie Hydraulikfluiden, nicht als Teil dieser veränderlich einstellbaren Masse des bewegten Systemteils betrachtet wird. Die Veränderung dieser Masse bedingt somit 10 eine Änderung der starren Masse, während etwaige Änderungen fluider bzw. gasförmiger Massen hierfür unberücksichtigt bleiben. Meistens entspricht die Masse des bewegten Systemteils im Wesentlichen der Summe der Masse von Gießkolben, Gießkolbenstange und Stangenantriebseinheit. Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung, der alternativ oder zusätzlich zum vorgenannten Erfindungsaspekt vorgesehen sein kann, besteht der bewegte Systemteil aus einem bewegten Systemhauptteil und einer gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordneten Zusatzmasseneinheit, die am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine vorgebbare Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil 20 abbremsst, d.h. in ihrer Vorwärtsbewegung ganz oder weitestgehend zum Stillstand kommt. Auch hier sind vorliegend unter der Zusatzmasseneinheit eine oder mehrere starre Massen, d.h. Festkörpermassen bzw. Massenkörper, zu verstehen, während diesbezüglich etwaige fluide bzw. gasförmige Massen unberücksichtigt bleiben. Der Einfachheit halber werden vorliegend die starren Massen auch kurz als Massen bezeichnet.

[0013] Beiden Erfindungsaspekten ist gemeinsam, dass sie eine Veränderung des Impulses, den der bewegte Systemteil vor dem Ende der Formfüllphase besitzt und der durch die Abbremsung des bewegten Systemteils am Ende der Formfüllphase auf das Schmelzmaterial in der Gießform wirkt, unabhängig von der Gießkolbengeschwindigkeit bzw. der Geschwindigkeit des bewegten Systemteils ermöglichen. Der Impuls ist bekanntermaßen als Produkt aus Masse und Geschwindigkeit definiert, und durch die zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellbare starre Masse des bewegten Systemteils ist es beim erstgenannten Erfindungsaspekt somit möglich, den am Ende der Formfüllphase des jeweiligen Gießzyklus auf das Schmelzmaterial in der Gießform durch die Abbremsung des bewegten Systemteils wirkenden Impuls des bewegten Systemteils für die verschiedenen Gießzyklen entsprechend veränderlich einzustellen, ohne dass dafür der Geschwindigkeitsverlauf des bewegten Systemteils während der Formfüllphase geändert werden muss. Gemäß dem anderen Erfindungsaspekt kann die Wirkung des Impulses des bewegten Systemteils auf das Schmelze-

material in der Gießform am Ende der Formfüllphase für einen jeweiligen Gießzyklus in ihrem zeitlichen Verlauf modifiziert werden, indem die starre Zusatzmasseneinheit später als der Systemhauptteil abbremst und folglich die von der Zusatzmasseneinheit bereitgestellte Impulswirkung auf das Schmelzmaterial in der Gießform gegenüber der Impulswirkung durch die Abbremsung des bewegten Systemhauptteils entsprechend verzögert eintritt.

[0014] Es zeigt sich, dass die aus der Abbremsung des bewegten Systemteils am Ende der Formfüllphase des jeweiligen Gießzyklus resultierende Wirkung des Impulses des bewegten Systemteils auf das in der Gießform befindliche Schmelzmaterial insbesondere auch die erste Druckspitze für das Schmelzmaterial in der Gießform und damit die Erstverdichtung des sich durch die Erstarrung des Schmelzmaterials in der Gießform entstehenden Gießteils und folglich die Eigenschaften bzw. die Qualität des Gießteils bestimmt oder jedenfalls wesentlich beeinflusst. Die Gießkolbengeschwindigkeit braucht für diese variable Änderung und damit Optimierung der Impulswirkung des bewegten Systemteils auf das Schmelzmaterial in der Gießform nicht verändert werden und kann folglich in herkömmlicher Weise hinsichtlich anderweitiger Kriterien optimiert werden, insbesondere hinsichtlich des Strömungsverhaltens des Schmelzmaterials beim Transport zur und in die Gießform sowie hinsichtlich minimaler Luftwirbelung und minimalem Formverschleiß sowie kurzer Formfüllzeiten.

[0015] Das erfindungsgemäße Gießkolbensystem ermöglicht somit eine Optimierung des Gießvorgangs für die jeweils hergestellten Gießteile, insbesondere hinsichtlich Gießteilqualität und/oder Wirtschaftlichkeit, durch variable Einstellung der Impulswirkung des bewegten Systemteils auf das Schmelzmaterial in der Gießform am Ende der Formfüllphase unabhängig vom Verlauf der Gießkolbengeschwindigkeit während der Formfüllphase. Mit anderen Worten lässt sich durch das erfindungsgemäße Gießverfahren der Gießvorgang und damit insbesondere die Qualität der hergestellten Gießteile sowohl durch Optimierung des Geschwindigkeitsverlaufs des Gießkolbens während des Gießzyklus als auch durch davon unabhängige Optimierung der Impulswirkung des bewegten Systemteils des Gießkolbensystems auf das Schmelzmaterial in der Gießform am Ende der Formfüllphase optimieren.

[0016] Gleiches gilt für das erfindungsgemäße Gießverfahren, das sich für eine Druckgießmaschine eignet, die mit dem erfindungsgemäßen Gießkolbensystem ausgerüstet ist, wobei verfahrensgemäß wenigstens ein Gießparameter eines jeweiligen Gießzyklus erfasst wird, vorzugsweise ein solcher, der die Qualität des herzustellenden Gießteils wesentlich bestimmt oder mitbestimmt und/oder der hierfür indikativ ist, und/oder ein solcher, der die Effektivität des Gießvorgangs beeinflusst, und die Masse des bewegten Systemteils und/oder die Verzögerungszeit für die relativbeweglich angeordnete

Zusatzmasseneinheit für einen oder mehrere zukünftige Gießzyklen in Abhängigkeit von dem wenigstens einen erfassten Gießparameter variabel eingestellt wird.

[0017] In vorteilhaften Realisierungen weist das Gießkolbensystem eine Steuerungseinheit auf, die dafür eingerichtet ist, die für den bzw. die anstehenden Gießzyklen als optimal einzustellende Masse des bewegten Systemteils und/oder die für den bzw. die anstehenden Gießzyklen als optimal einzustellende Verzögerungszeit der gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordneten Zusatzmasseneinheit zu ermitteln, vorzugsweise unter Auswertung von zu einem oder mehreren vorangegangenen Gießzyklen sensorisch oder anderweitig erfassten Istwerten eines oder mehrerer Gießparameter, insbesondere solcher Gießparameter, von denen der Fachmann weiß, dass sie die Qualität des hergestellten Gießteils und/oder die Effektivität des Gießvorgangs beeinflussen bzw. repräsentieren. Auf diese Weise ist die Steuerungseinheit in der Lage, den Gießprozess bzw. die Gießzyklen selbstständig zu optimieren, ggf. iterativ und/oder unter Verwendung von vorab durchgeführten Computersimulationen.

[0018] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das Gießkolbensystem einen oder mehrere Zusatzmassenkörper, die jeweils zum lösbaren Anbringen am bewegten Systemteil eingerichtet sind und im angebrachten Zustand einen Bestandteil des bewegten Systemteils bilden. Damit kann die Masse und folglich der Impuls des bewegten Systemteils, der am Ende der Formfüllphase auf das Schmelzmaterial in der Gießform wirkt, durch Auswahl einer oder mehrerer dieser vorgegebenen Zusatzmassenkörper und durch das lösbare Anbringen des oder der ausgewählten Zusatzmassenkörper am bewegten Systemteil für den jeweiligen Gießzyklus variabel gewählt werden. Der Zusatzmassenkörper kann die genannte Zusatzmasseneinheit bilden, wenn er gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordnet ist. Alternativ kann der Zusatzmassenkörper eine bewegungsstarr am übrigen bewegten Systemteil lösbar angebrachte Zusatzmasse sein.

[0019] In einer Ausgestaltung der Erfindung sind mehrere Zusatzmassenkörper vorgesehen, von denen wenigstens zwei Zusatzmassenkörper eine unterschiedliche Masse besitzen. Dies bietet eine gute Voraussetzung zur Minimierung der Anzahl von derartigen bereitzustellenden Zusatzmassenkörpern, um die Masse des bewegten Systemteils innerhalb eines gewissen, vorgebbaren Wertebereichs unterschiedlich einstellen zu können. Beispielsweise können sich die Zusatzmassenkörper hierfür in ihrer jeweiligen Masse in binären Stufen, d.h. um Potenzen der Zahl 2 unterscheiden, alternativ in einer anders gestuften Verteilung. Alternativ können die Zusatzmassenkörper z.B. jeweils die gleiche Masse besitzen, d.h. sie können dann z.B. als identische Teile realisiert sein. In entsprechenden Ausführungen beinhaltet das Gießkolbensystem eine Steuerungseinheit, die zum selbstständigen Auswählen eines jeweils am bewegten Systemteil anzubringenden Zusatzmassenkörpers ein-

gerichtet ist. Für diese Auswahl nutzt die Steuerungseinheit vorzugsweise Informationen über für den Gießprozess relevante Gießparameter für einen anstehenden Gießzyklus und/oder aus einem oder mehreren vorangegangenen Gießzyklen.

[0020] In einer Ausgestaltung der Erfindung weist der stationäre Systemteil eine Zusatzmassen-Bevorratungseinheit zum bevorrateten Bereitstellen des oder der Zusatzmassenkörper auf. Dadurch können die Zusatzmassen sehr einfach zur Verwendung am bewegten Systemteil bereitgestellt werden. Eine jeweils für diese Verwendung ausgewählte Zusatzmasse wird der Bevorratungseinheit am stationären Systemteil entnommen und an den bewegten Systemteil angekoppelt. Alternativ können der oder die Zusatzmassenkörper extern bzw. getrennt vom Gießkolbensystem bereitgestellt sein, z.B. an einer anderen Position eines Maschinenaufbaus der Druckgießmaschine, an der das Gießkolbensystem vorgesehen ist.

[0021] In einer Ausgestaltung der Erfindung weist das Gießkolbensystem eine Zusatzmassen-Handhabungseinheit auf, die zum selbsttätigen Anbringen und Abnehmen eines jeweiligen Zusatzmassenkörpers am und vom bewegten Systemteil eingerichtet ist. Diese Handhabungseinheit kann z.B. durch einen vollautomatischen Handhabungsroboter oder alternativ durch ein halbautomatisches, teilweise nutzerbetätigtes Handhabungsgerät realisiert sein.

[0022] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das Gießkolbensystem einen Satz von mehreren Gießkolben mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die zur austauschbaren Verwendung als Gießkolben des bewegten Systemteils eingerichtet sind, um auf diese Weise die Masse des bewegten Systemteils zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellen zu können, wobei sich die Gießkolben in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden. Zur Erzielung eines jeweils optimalen Impulses des Gießkolbensystems am Ende der Formfüllphase kann in diesem Fall der jeweils bestpassende Gießkolben aus dem Satz von mehreren Gießkolben mit vordefiniert unterschiedlicher Masse ausgewählt und als Gießkolben des bewegten Systemteils eingesetzt werden. Die Masseninkremente können in beliebiger gewünschter Weise vorgegeben werden, z.B. sämtlich gleich groß oder zumindest teilweise unterschiedlich groß.

[0023] Um die Gießkammer unverändert beibehalten zu können, ist es bevorzugt, wenn die Gießkolben bei dieser Ausführungsvariante der Erfindung einen gleichen Außendurchmesser aufweisen. Da zudem die Auswahl an für die Gießkolben tauglichen Materialien aufgrund der an diese gestellten Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und direktem Schmelzekontakt relativ beschränkt ist, bleibt in diesem Fall die erzielbare Massenvariation der Gießkolben im Allgemeinen entsprechend begrenzt, was diese Realisierung der Erfindung vorzugsweise für kleinere Massenänderungen geeignet macht.

[0024] In einer Weiterbildung der Erfindung beinhaltet

das Gießkolbensystem einen Satz von mehreren Gießkolbenstangen mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die zur austauschbaren Verwendung als Gießkolbenstange des bewegten Systemteils eingerichtet sind, wobei sich die Gießkolbenstangen in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden. Zur Erzielung eines jeweils optimalen Impulses des Gießkolbensystems am Ende der Formfüllphase kann in diesem Fall die jeweils bestpassende Gießkolbenstange aus dem Satz von mehreren Gießkolbenstangen mit vordefiniert unterschiedlicher Masse ausgewählt und als Gießkolbenstange des bewegten Systemteils eingesetzt werden. Die Masseninkremente können in beliebiger gewünschter Weise vorgegeben werden, z.B. sämtlich gleich groß oder zumindest teilweise unterschiedlich groß.

[0025] In vorteilhaften Realisierungen sind die Gießkolbenstangen mit vordefiniert unterschiedlicher Masse zur Verwendung mit einem gleichen Gießkolben oder jedenfalls mit Gießkolben gleichen Außendurchmessers und vorzugsweise auch zur Verwendung mit einer gleichen Gießkammer eingerichtet, so dass sich durch Austausch der Gießkolbenstange die Masse des bewegten Systemteils in gewünschter Weise ändern lässt, ohne dass eine andere Gießkammer oder ein Gießkolben mit anderem Außendurchmesser benötigt wird. Für die unterschiedlich schweren Gießkolbenstangen wird in diesem Fall bevorzugt ein über deren Eintauchtiefe in die Gießkammer hinweg gleicher Außendurchmesser gewählt. Die unterschiedliche Masse kann z.B. durch Verwendung unterschiedlich schwerer Materialien und/oder durch unterschiedliche Gestaltung der Gießkolbenstangen in ihrem axialen Bereich außerhalb ihrer Eintauchtiefe in die Gießkammer insbesondere hinsichtlich ihres Außendurchmessers bereitgestellt werden. Mit Eintauchtiefe ist hierbei derjenige Axialbereich der Gießkolbenstangen zu verstehen, mit dem diese maximal in die Gießkammer eintauchen können, d.h. bei maximal vorbewegtem Gießkolben am Ende der Nachdruckphase. Da die Gießkolbenstange eine meist relativ einfach zu tauschende Komponente des Gießkolbensystems darstellt, die zudem zu einem signifikanten Anteil zur Gesamtmasse des bewegten Systemteils beiträgt, kann diese Realisierung der Erfindung für zahlreiche Anwendungen von besonderem Vorteil sein.

[0026] In einer Weiterbildung der Erfindung beinhaltet das Gießkolbensystem einen Satz von mehreren Gießkolbenkupplungen mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die zur austauschbaren Verwendung als eine Gießkolbenkupplung der Stangenantriebseinheit des bewegten Systemteils eingerichtet sind, wobei sich die Gießkolbenkupplungen in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden. Zur Erzielung eines jeweils optimalen Impulses des Gießkolbensystems am Ende der Formfüllphase kann in diesem Fall die jeweils bestpassende Gießkolbenkupplung aus dem Satz von mehreren Gießkolbenkupplungen mit vordefiniert unterschiedlicher Masse ausgewählt und als Gießkolben-

kupplung des bewegten Systemteils eingesetzt werden. Die Masseninkremente können in beliebiger gewünschter Weise vorgegeben werden, z.B. sämtlich gleich groß oder zumindest teilweise unterschiedlich groß. Die Verwendung unterschiedlich schwerer Gießkolbenkupplungen bedingt keine Änderungen an der Gießkammer.

[0027] In einer Weiterbildung der Erfindung beinhaltet das Gießkolbensystem einen Satz von mehreren Gießkolben-Antriebskolben mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die zur austauschbaren Verwendung als ein Gießkolben-Antriebskolben der Stangenantriebseinheit des bewegten Systemteils eingerichtet sind, wobei sich die Gießkolben-Antriebskolben in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden. Zur Erzielung eines jeweils optimalen Impulses des Gießkolbensystems am Ende der Formfüllphase kann in diesem Fall der jeweils bestpassende Gießkolben-Antriebskolben aus dem Satz von mehreren Gießkolben-Antriebskolben mit vordefiniert unterschiedlicher Masse ausgewählt und als Gießkolben-Antriebskolben des bewegten Systemteils eingesetzt werden. Die Masseninkremente können in beliebiger gewünschter Weise vorgegeben werden, z.B. sämtlich gleich groß oder zumindest teilweise unterschiedlich groß. Die Verwendung unterschiedlich schwerer Gießkolben-Antriebskolben bedingt keine Änderungen an der Gießkammer.

[0028] In einer Weiterbildung der Erfindung beinhaltet die gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheit des bewegten Systemteils einen gleitbeweglich zwischen einer Anfangsstellung und einer Endstellung am bewegten Systemhauptteil angeordneten Zusatzmassenkörper, wobei die Anfangsstellung durch einen Initial-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil definiert ist und/oder die Endstellung durch einen Aufprall-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil definiert ist. Die Zusatzmasseneinheit bewegt sich in diesem Fall nach der Abbremsung des bewegten Systemhauptteils am Ende der Formfüllphase zunächst aufgrund ihrer Massenträgheit aus der Anfangsstellung heraus mit im Wesentlichen unveränderter Geschwindigkeit weiter und bremst dann bei Erreichen des Aufprall-Endanschlags ab, um entsprechend verzögert ihre Impulswirkung auf den Systemhauptteil und über diesen auf das Schmelzmaterial in der Gießform zu entfalten.

[0029] Es versteht sich, dass die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit je nach Bedarf und Anwendungsfall mehrere einzelne derartige Zusatzmassenkörper mit jeweils zugehörigem, vorzugsweise veränderlichem Gleithub umfassen kann. Dabei können sich in entsprechenden Systemausführungen die gleitbeweglichen Zusatzmassenkörper in ihrem Gleithub unterscheiden, wodurch sie ihre Impulswirkung am Ende der Formfüllphase zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf das Schmelzmaterial in der Gießform ausüben, was eine große Variabilität des Zeitverlaufs der Impulswirkung des bewegten Systemteils auf das Schmelzmaterial in der Gießform ermöglicht.

[0030] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Initial-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil verstellbar. Alternativ oder zusätzlich ist der Aufprall-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil verstellbar. Durch jede dieser beiden Maßnahmen lässt sich der Gleithub der Zusatzmasseneinheit am bewegten Systemhauptteil und damit die Verzögerungszeit verstellen, um welche die Zusatzmasseneinheit am Ende der Formfüllphase später abbremsst als der Systemhauptteil.

[0031] In einer vorteilhaften Ausführungsvariante kann des Weiteren vorgesehen sein, den Gleithub der Zusatzmasseneinheit manuell oder automatisch in Abhängigkeit von der Gießgeschwindigkeit, mit der sich der bewegte Systemteil während der Formfüllphase vor der Abbremsung bewegt, variabel einzustellen. Damit kann z.B. bei Bedarf die Verzögerungszeit der Zusatzmasseneinheit auch dann im Wesentlichen konstant gehalten werden, wenn die Gießgeschwindigkeit zur Anpassung an anderweitige Gegebenheiten, z.B. Verwenden einer anderen Gießform und/oder eines anderen Gießschmelzmaterials, verändert wird.

[0032] In einer Ausgestaltung der Erfindung beinhaltet das Gießkolbensystem eine Arretierungseinheit zur lösbaren Arretierung des Zusatzmassenkörpers in der Anfangsstellung oder in der Endstellung oder an einer vorgebbaren Arretierposition zwischen der Anfangsstellung und der Endstellung. Bei Aktivierung der Arretierungseinheit arretiert diese den Zusatzmassenkörper in der betreffenden Position und macht ihn dadurch zu einem mit dem bewegten Systemhauptteil bewegungsstarr gekoppelten Zusatzmassenkörper, der dann seine Impulswirkung auf das Schmelzmaterial in der Gießform am Ende der Formfüllphase zeitgleich mit dem übrigen bewegten Systemteil entfaltet. Nach Lösen dieser Arretierung kann der Zusatzmassenkörper wieder als gegenüber dem übrigen bewegten Systemteil verzögert auf das Schmelzmaterial in der Gießform wirkende Zusatzmasseneinheit fungieren.

[0033] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt. Diese und weitere Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig.1 eine schematische Seitenansicht eines Gießkolbensystems und zugehöriger Gießkammer und Gießform eines erfindungsgemäßen Gießkolbensystems mit am Gießkolben-Antriebskolben fixiertem Zusatzmassenkörper für eine Druckgießmaschine,

Fig. 2 die Ansicht von Fig. 1 ohne Gießkammer und Gießform in einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Gießkolbensystems mit an der Gießkolbenkupplung fixiertem Zusatzmassenkörper,

Fig. 3 die Ansicht von Fig. 2 für eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Gießkolben-

- systems mit an der Gießkolbenstange fixiertem Zusatzmassenkörper,
- Fig. 4 die Ansicht von Fig. 2 für eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Gießkolben-systems mit wahlweise zusätzlich ankoppelbaren Zusatzmassenkörpern,
- Fig. 5 die Ansicht von Fig. 2 für eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Gießkolben-systems mit gleitbeweglich angeordnetem Zusatzmassenkörper,
- Fig. 6 die Ansicht von Fig. 2 für eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Gießkolben-systems mit einem Satz mehrerer Gießkolben und/oder Gießkolbenstangen und/oder Gießkolbenkupplungen und/oder Gießkolben-Antriebskolben jeweils vordefiniert unterschiedlicher Masse,
- Fig. 7 ein schematisches Flussdiagramm zur Veranschaulichung vorliegend interessierender Schritte eines erfindungsgemäßen Gießverfahrens und
- Fig. 8 ein Kennliniendiagramm zur Veranschaulichung des zeitlichen Schmelzdruckverlaufs in einer Gießform während eines Gießvorgangs für unterschiedliche, erfindungsgemäße und nicht erfindungsgemäße Durchführungsvarianten eines Gießvorgangs.

[0034] In Fig. 1 ist schematisch ein erfindungsgemäßes Gießkolbensystem für eine Druckgießmaschine schematisch dargestellt, wobei das Gießkolbensystem einen stationären Systemteil 1 und einen bewegten Systemteil 2 beinhaltet. Der stationäre Systemteil 1 umfasst beispielsweise wie gezeigt eine Gießkammer 12 und einen Gießkolben-Antriebszylinder 13, letzterer oftmals auch kurz als Gießzylinder bezeichnet. Die Gießkammer 12 mündet wie üblich in eine Gießform 14, die durch eine feste und eine bewegliche Gießformhälfte der Druckgießmaschine gebildet ist. Der bewegte Systemteil 2 ist gegenüber dem stationären Systemteil 1 beweglich, um in einem jeweiligen Gießzyklus Schmelzmaterial in die Gießform 14 einzubringen, wozu sie einen Gießkolben 3, eine Gießkolbenstange 4 und eine Stangenantriebseinheit 5 umfasst und zur Abbremsung am Ende einer Formfüllphase des Gießzyklus unter Druckeinwirkung auf das Schmelzmaterial eingerichtet ist.

[0035] Der Gießkolben 3 ist fluiddicht axialbeweglich in der z.B. zylindrisch gestalteten Gießkammer 12 beweglich angeordnet. Die Gießkolbenstange 4 trägt im gezeigten Beispiel den Gießkolben 3 an ihrem vorderen Stirnendbereich und ist an ihrem hinteren Stirnendbereich an die Stangenantriebseinheit 5 angekoppelt, speziell an eine Gießkolbenkupplung 9 der Stangenantriebs-

einheit 5. Im gezeigten Beispiel kuppelt die Gießkolbenkupplung 9 die Gießkolbenstange 4 an einen vorderen Stirnendbereich eines Gießkolben-Antriebskolbens 10 der Stangenantriebseinheit 5 an, der axialbeweglich im Gießkolben-Antriebszylinder 13 geführt ist. Optional ist der Gießkolben-Antriebskolben 10 an eine nicht gezeigte Druckmultiplikatoreinheit angekoppelt.

[0036] Erfindungsgemäß weist der bewegte Systemteil 2 eine zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellbare starre Masse auf und/oder besteht, wie im Ausführungsbeispiel von Fig. 5, aus einem bewegten Systemhauptteil 2a und einer gegenüber diesem relativbeweglich angeordneten starren Zusatzmasseneinheit Z_E , die dafür eingerichtet ist, am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine vorgebbare Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil 2a abzubremesen.

[0037] In entsprechenden Ausführungsformen beinhaltet das erfindungsgemäße Gießkolbensystem einen oder mehrere starre Zusatzmassenkörper, die jeweils zum lösbaren Anbringen am bewegten Systemteil 2 eingerichtet sind und im angebrachten Zustand einen bewegungsstarr angekoppelten Bestandteil des bewegten Systemteils 2 bilden. Fig. 1 zeigt eine diesbezügliche Ausführungsvariante, bei der ein solcher Zusatzmassenkörper ZK speziell am Gießkolben-Antriebskolben 10 des bewegten Systemteils 2 lösbar angebracht ist. Fig. 2 zeigt eine diesbezügliche Ausführungsvariante, bei der ein solcher Zusatzmassenkörper ZK speziell an der Gießkolbenkupplung 9 des bewegten Systemteils 2 lösbar angebracht ist. Fig. 3 zeigt eine diesbezügliche Ausführungsvariante, bei der ein solcher Zusatzmassenkörper ZK speziell an der Gießkolbenstange 4 des bewegten Systemteils 2 lösbar angebracht ist. Es versteht sich, dass in diesem Fall der Zusatzmassenkörper ZK in einem axialen Abschnitt der Gießkolbenstange 4 angebracht ist, der außerhalb bzw. hinter einer Eintauchtiefe liegt, mit der die Gießkolbenstange 4 zum Vorbewegen des Gießkolbens 3 in einem vorderen Stangenabschnitt maximal in die Gießkammer 12 eintaucht, so dass der Zusatzmassenkörper ZK das Vorbewegen der Gießkolbenstange 4 mit ihrem vorderen Eintauchtiefenabschnitt in die Gießkammer 12 hinein nicht behindert. Fig. 4 zeigt eine diesbezügliche Ausführungsvariante, bei der mehrere solche Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, ZK_3 wahlweise am bewegten Systemteil 2 lösbar angebracht werden können, z.B. an der Gießkolbenkupplung 9 oder am Gießkolben-Antriebskolben 10, wobei Fig. 4 eine Situation zeigt, bei der nur ein erster Zusatzmassenkörper ZK_1 lösbar am bewegten Systemteil 2 angebracht ist, hier speziell an der Gießkolbenkupplung 9. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Montage und Demontage der einen oder mehreren Zusatzmassenkörper ZK bzw. ZK_1, ZK_2 , werkzeuglos und/oder unter Verwendung eines Schnellwechsel- oder Schnellspannsystems erfolgt.

[0038] Bei derartigen Ausführungsvarianten mit mehreren lösbar am bewegten Systemteil 2 anbringbaren Zusatzmassenkörpern ZK_1, ZK_2 , kann es vorteilhaft sein,

wenn wenigstens zwei der mehreren Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots eine unterschiedliche Masse besitzen. Beispielsweise können sich diese Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots in ihrer Masse um Potenzen der Zahl 2 unterscheiden, d.h. der nächstschwerere Zusatzmassenkörper besitzt jeweils die doppelte Masse des nächstleichteren Zusatzmassenkörpers. Mit einer solchen binären Staffelung der Masse der Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots lassen sich dann beliebige ganzzahlige Vielfache der kleinsten Masse des leichtesten Zusatzmassenkörpers mit einer vergleichsweise geringen Anzahl an bereitzustellenden Zusatzmassenkörpern für die Gesamtmasse aller Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots einstellen.

[0039] In entsprechenden Ausführungen weist, wie im Ausführungsbeispiel von Fig. 4, der stationäre Systemteil 2 eine Zusatzmassen-Bevorratungseinheit 6 zum bevorrateten Bereitstellen des oder der Zusatzmassenkörper ZK bzw. ZK_1, ZK_2, \dots auf. Beispielhaft ist in Fig. 4 eine Ausführung gezeigt, bei der die Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots abnehmbar an einer als Zusatzmassen-Bevorratungseinheit 6 fungierenden Zusatzmassenhalterung 6a aufgehängt sind, die ihrerseits am stationären Systemteil 1, z.B. am Gießkolben-Antriebszylinder 13, oder alternativ an einer anderen stationären, feststehenden Komponente der betreffenden Druckgießmaschine angeordnet ist. Die solchermaßen bevorrateten Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots können dann je nach Bedarf einzeln bzw. in beliebigen Kombinationen der Zusatzmassen-Bevorratungseinheit 6 entnommen und am bewegten Systemteil 2 lösbar angebracht werden, um den betreffenden Gießzyklus mit der gewünschten Gesamtmasse des bewegten Systemteils 2 auszuführen.

[0040] In entsprechenden Realisierungen umfasst das Gießkolbensystem eine Zusatzmassen-Handhabungseinheit 7, die zum selbsttätigen Anbringen des jeweiligen Zusatzmassenkörpers ZK bzw. ZK_1, ZK_2, \dots am bewegten Systemteil 2 sowie zum selbsttätigen Abnehmen des jeweiligen Zusatzmassenkörpers ZK bzw. ZK_1, ZK_2, \dots vom bewegten Systemteil 2 eingerichtet ist. Eine solche Zusatzmassen-Handhabungseinheit 7 ist in Fig. 4 zum dortigen Ausführungsbeispiel blockdiagrammatisch gezeigt. Sie kann beispielsweise einen an sich üblichen Handhabungsroboter umfassen, der zur Durchführung der erforderlichen Handhabungsmaßnahmen spezifisch konfiguriert ist. Alternativ kann das Anbringen und Abnehmen des jeweiligen Zusatzmassenkörpers ZK, ZK_1, ZK_2, \dots am bzw. vom bewegten Systemteil 2 durch entsprechendes Bedienpersonal erfolgen.

[0041] In entsprechenden Ausführungen umfasst das erfindungsgemäße Gießkolbensystem, wie in Fig. 6 veranschaulicht, einen Satz von mehreren in Fig. 6 blockdiagrammatisch wiedergegebenen Gießkolben 3_1 bis 3_{n1} mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolben 3 des bewegten Systemteils 2 eingerichtet sind, und/oder einen Satz von mehreren in Fig. 6 block-

diagrammatisch wiedergegebenen Gießkolbenstangen 4_1 bis 4_{n2} mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolbenstange 4 des bewegten Systemteils 2 eingerichtet sind, und/oder einen Satz von mehreren in Fig. 6 blockdiagrammatisch wiedergegebenen Gießkolbenkupplungen 9_1 bis 9_{n3} mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolbenkupplung 9 der Stangenantriebseinheit 5 des bewegten Systemteils 2 eingerichtet sind, und/oder einen Satz von mehreren in Fig. 6 blockdiagrammatisch wiedergegebenen Gießkolben-Antriebskolben 10_1 bis 10_{n4} mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolben-Antriebskolben 10 der Stangenantriebseinheit 5 des bewegten Systemteils 2 eingerichtet sind.

[0042] Je nach Anwendungsfall und gewünschter Gesamtmasse des bewegten Systemteils 2 kann der tatsächlich verwendete Gießkolben 3 aus der Anzahl $n1$ vorhandener Gießkolben 3_1 bis 3_{n1} unterschiedlicher Masse und/oder die tatsächlich verwendete Gießkolbenstange 4 aus der Anzahl $n2$ von Gießkolbenstangen 4_1 bis 4_{n2} unterschiedlicher Masse und/oder die tatsächlich verwendete Gießkolbenkupplung 9 aus der Anzahl $n3$ von Gießkolbenkupplungen 9_1 bis 9_{n3} unterschiedlicher Masse und/oder der tatsächlich verwendete Gießkolben-Antriebskolben 10 aus der Anzahl $n4$ von Gießkolben-Antriebskolben 10_1 bis 10_{n4} unterschiedlicher Masse ausgewählt werden. Dabei können je nach Systemausführung von den vier genannten Sätzen von Gießkolben 3_1 bis 3_{n1} , Gießkolbenstangen 4_1 bis 4_{n2} , Gießkolbenkupplungen 9_1 bis 9_{n3} und Gießkolben-Antriebskolben 10_1 bis 10_{n4} alle vier Sätze bei einem gegebenen Gießkolbensystem vorhanden sein oder nur einer der vier Sätze oder beliebige zwei oder drei der vier Sätze bereitgestellt sein.

[0043] Bei diesem Ausführungstypus der Erfindung lässt sich die Masse des bewegten Systemteils 2 zwischen verschiedenen Gießzyklen durch Wahl eines anderen Gießkolbens und/oder einer anderen Gießkolbenstange und/oder einer anderen Gießkolbenkupplung und/oder eines anderen Gießkolben-Antriebskolbens veränderlich einstellen. Bei Bedarf kann zusätzlich das lösbare Anbringen eines oder mehrerer Zusatzmassenkörper am bewegten Systemteil 2 vorgesehen sein, im gezeigten Beispiel von Fig. 6 durch den an der Gießkolbenstange 4 lösbar angebrachten Zusatzmassenkörper ZK veranschaulicht. Außerdem kann dieser Ausführungstypus bei Bedarf durch die oben erwähnte, gegenüber dem bewegten Systemhauptteil 2a relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheit Z_E ergänzt sein.

[0044] Die Masseninkremente, um die sich die betreffenden Gießkolben 3_1 bis 3_{n1} , Gießkolbenstangen 4_1 bis 4_{n2} , Gießkolbenkupplungen 9_1 bis 9_{n3} bzw. Gießkolben-

Antriebskolben 10_1 bis 10_{n4} in ihrer Masse unterscheiden, können je nach den Gegebenheiten bzw. Anforderungen geeignet vordefiniert werden. Dabei ist es in der Regel zweckmäßig, die Masseninkremente zwischen je zwei bezüglich ihrer Masse aufeinanderfolgenden Komponenten und/oder den gesamten Massenunterschied zwischen der leichtesten und der schwersten Komponente des jeweiligen Satzes in vorgegebenen Grenzen zu halten. Dies kann beispielsweise durch Vorgabe eines geeigneten Schwellwertes realisiert sein, um den sich die Masseninkremente des jeweiligen Komponentensatzes maximal unterscheiden, und/oder um den die Masse der schwersten Komponente des jeweiligen Satzes maximal größer ist als die Masse der leichtesten Komponente des Satzes, z.B. angegeben als Prozentsatz.

[0045] In entsprechenden Ausführungsformen weist die gegenüber dem Systemhauptteil 2a relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheit Z_E einen gleitbeweglich zwischen einer Anfangsstellung und einer Endstellung am bewegten Systemhauptteil 2a angeordneten Zusatzmassenkörper Z_M auf, wobei die Anfangsstellung durch einen Initial-Endanschlag IA am bewegten Systemhauptteil 2a definiert ist und/oder die Endstellung durch einen Aufprall-Endanschlag AA am bewegten Systemhauptteil 2a definiert ist. Fig. 5 zeigt ein entsprechendes Ausführungsbeispiel, das sowohl über den Initial-Endanschlag IA als auch den Aufprall-Endanschlag AA am bewegten Systemhauptteil 2a verfügt.

[0046] In vorteilhaften Realisierungen ist zumindest der Initial-Endanschlag IA oder der Aufprall-Endanschlag AA am bewegten Systemhauptteil 2a verstellbar, wobei auch eine Verstellbarkeit beider Endanschläge IA, AA vorgesehen sein kann. Die Endanschlagverstellung kann je nach Bedarf manuell, z.B. durch eine manuell betätigte Schraubenspindel, oder automatisch durch einen entsprechenden Aktuormechanismus erfolgen. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 5 ist der Aufprall-Endanschlag AA an der Gießkolbenkupplung 9 vorgesehen, während der Initial-Endanschlag IA durch einen Initial-Endanschlagkörper 8 bereitgestellt ist, der axial verstellbar am Gießkolben-Antriebskolben 10 festgelegt ist.

[0047] Der Zusatzmassenkörper Z_M kann sich folglich um einen dem axialen Abstand von Anfangsstellung und Endstellung entsprechenden Gleithub bzw. Hub H gleitend relativ zum restlichen bewegten Systemteil, d.h. relativ zum bewegten Systemhauptteil 2a, bewegen. Wenn sich der bewegte Systemhauptteil 2a zusammen mit dem Zusatzmassenkörper Z_M während der Formfüllphase mit einer definierten Vorschubgeschwindigkeit bewegt und der bewegte Systemhauptteil 2a am Ende der Formfüllphase abbremst, behält der gleitbewegliche Zusatzmassenkörper Z_M diese Vorschubgeschwindigkeit zunächst noch bei, bis er seinen Hub H von der Anfangsstellung in die Endstellung zurückgelegt hat und dann am Aufprall-Endanschlag AA abbremst. Der Zusatzmassenkörper Z_M bremst somit am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine vorgegebene Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil 2a ab, die sich aus dem

Quotient des Hubs H dividiert durch die Vorschubgeschwindigkeit des bewegten Systemteils 2 am Ende der Formfüllphase direkt vor dem Abbremsen des bewegten Systemhauptteils 2a ergibt.

[0048] Im Fall der Verstellbarkeit zumindest einer der beiden Endanschläge IA, AA, die eine entsprechende Verstellung des Hubs H bedeutet, lässt sich gemäß dem oben erläuterten funktionalen Zusammenhang mit dem Hub H die Verzögerungszeit in gewünschter Weise variabel vorgeben, um welche der Zusatzmassenkörper Z_M später als der Systemhauptteil 2a abbremst, ohne dass dazu die Vorschubgeschwindigkeit für den bewegten Systemteil 2 geändert werden braucht.

[0049] Im Ausführungsbeispiel von Fig. 5 besteht die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E allein aus dem Zusatzmassenkörper Z_M , in alternativen Ausführungen beinhaltet die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E einen oder mehrere weitere Zusatzmassenkörper, die in einer gewünschten Weise gegenüber dem bewegten Systemhauptteil 2a relativbeweglich angeordnet sind. In weiteren alternativen Ausführungen sind außer der Zusatzmasseneinheit Z_E ein oder mehrere Zusatzmassenkörper nach Art des Zusatzmassenkörpers ZK der Fig. 1 bis 3 bzw. nach Art der Zusatzmassenkörper ZK_1, ZK_2, \dots von Fig. 4 vorgesehen, die zum lösbaren Anbringen am bewegten Systemteil 2 eingerichtet sind und im angebrachten Zustand einen bewegungsstarr mit dem übrigen bewegten Systemteil gekoppelten Bestandteil des bewegten Systemteils 2 bilden. Während das bewegungsstarr gekoppelte Anbringen von Zusatzmassenkörpern, wie dem einen Zusatzmassenkörper ZK gemäß den Fig. 1 bis 3 bzw. den mehreren Zusatzmassenkörpern ZK_1, ZK_2 , im Ausführungsbeispiel von Fig. 4, einen entsprechenden zusätzlichen Impulsübertrag auf das Schmelzmaterial am Ende der Formfüllphase genau zum Zeitpunkt der primären Impulsübertragung durch die Abbremsung des bewegten Systemteils 2 bzw. des bewegten Systemhauptteils 2a zur Folge hat, bewirkt das relativbewegliche Ankoppeln der Zusatzmasseneinheit Z_E an den restlichen bewegten Systemteil, d.h. den Systemhauptteil 2a, einen Zusatzimpulsübertrag auf das Schmelzmaterial, der am Ende der Formfüllphase um die vorgebbare Verzögerungszeit später erfolgt als der primäre Impulsübertrag durch die Abbremsung des bewegten Systemhauptteils 2a.

[0050] Um dies an einem Zahlenbeispiel zu verdeutlichen, sei beispielsweise angenommen, dass die Vorschubgeschwindigkeit des bewegten Systemteils 2 gegen Ende der Formfüllphase 5m/s beträgt und die starre Masse des bewegten Systemhauptteils 2a 100kg, die Masse der Zusatzmasseneinheit Z_E 20kg sowie der Gleithub H der Zusatzmasseneinheit Z_E 50mm betragen. Dann prägt die Zusatzmasseneinheit Z_E dem Schmelzmaterial bezogen auf den Impuls der starren Masse des bewegten Systemhauptteils 2a einen Zusatzimpuls von 20% auf, wobei dieser Impulsübertrag 10ms nach dem Impulsübertrag durch die Abbremsung des bewegten Systemhauptteils 2a beginnt. Der verzögerte Impulsü-

bertragungseffekt kann die Zeitspanne zwischen der ersten Druckspitze, die auf den Impulsübertrag der starren Masse des bewegten Systemhauptteils 2s zum Zeitpunkt des Formfüllendes zurückgeht, und einer typischerweise erst ca. 20ms bis 35ms nach dem Formfüllende beginnenden Wirkung einer optionalen Druckmultiplikatorvorrichtung prozessgünstig überbrücken, ohne dass hierbei die erste Druckspitze überhöht wird, so dass ein etwaiges Überspritzen der Form vermieden werden kann.

[0051] Der verzögerte Zeitpunkt des zusätzlich durch die Zusatzmasseneinheit Z_E aufgeprägten Impulsübertrages auf das Schmelzmaterial kann in Abhängigkeit von den Gegebenheiten bzw. den Gießparametern, insbesondere in Abhängigkeit von der Gießkolbengeschwindigkeit und der konstruktiven Gießanordnung, gezielt beeinflusst werden. Durch die Endanschlagverstellung, d.h. die Verstellung des Gleithubs H, lässt sich bei Bedarf der verzögerte Impulsübertragungseffekt zwecks Prozessoptimierung für die aufeinanderfolgenden Gießzyklen variabel einstellen. Dabei kann auf Wunsch auch die Masse der Zusatzmasseneinheit Z_E variiert werden, z.B. durch Austausch der Zusatzmasseneinheit Z_E oder durch Aufbau der Zusatzmasseneinheit Z_E aus einer variablen Anzahl von wahlweise relativbeweglich an den bewegten Systemhauptteil 2a ankoppelbaren Zusatzmassenkörpern. Auf diese Weise lässt sich die Stärke und/oder der Zeitpunkt dieser Zusatzimpulsübertragung auf das Schmelzmaterial am Ende der Formfüllphase so einstellen, dass sich die gewünschte optimale Gießteilqualität ergibt, was beispielsweise empirisch oder durch Computersimulation ermittelt werden kann.

[0052] In entsprechenden Realisierungen der Erfindung beinhaltet der bewegte Systemteil 2 mehrere gegenüber dem Systemhauptteil 2a relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheiten Z_E , die am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine jeweils individuell vorgebbare Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil 2a abbremsen. Für jede Zusatzmasseneinheit Z_E können in diesem Fall deren Masse und damit die von ihr bewirkte Stärke des zusätzlichen Impulsübertrags auf das Schmelzmaterial ebenso wie der Zeitpunkt individuell festgelegt werden, zu dem sie durch ihre Abbremsung den zusätzlichen Impuls auf das Schmelzmaterial überträgt. Bei Bedarf kann mit dieser Ausführungsvariante eine zeitlich gestaffelte, sukzessive Zusatzimpulsübertragung auf das Schmelzmaterial durch die mehreren nacheinander abgebremsten Zusatzmasseneinheiten Z_E bereitgestellt werden.

[0053] In vorteilhaften Realisierungen beinhaltet das Gießkolbensystem, wie für das Ausführungsbeispiel von Fig. 5 gezeigt, eine Arretierungseinheit 11 zur lösbaren Arretierung des Zusatzmassenkörpers Z_M in der Anfangsstellung oder in der Endstellung oder an einer vorgebbaren Arretierposition zwischen der Anfangsstellung und der Endstellung. Beispielhaft ist die Arretierungseinheit 11 in der Realisierung von Fig. 5 durch eine Arretierriegelvorrichtung mit einem an der Gießkolbenkupplung 9 schwenkbeweglich gehaltenen Arretierriegel gebildet,

der in eine passende Riegelaufnahme am Zusatzmassenkörper Z_M eingreift, wenn der Zusatzmassenkörper Z_M seine Endstellung, d.h. in diesem Fall den Aufprall-Endanschlag AA an der Gießkolbenkupplung 9, erreicht hat.

[0054] Die Arretierungseinheit 11 sorgt dafür, dass der Zusatzmassenkörper Z_M nach Erreichen seines Aufprall-Endanschlags AA dort festgehalten wird. Nach beendetem Gießvorgang wird die Arretierung gelöst, so dass der Zusatzmassenkörper Z_M wieder in seine Anfangsstellung zurückkehren kann. Die Rückbewegung des Zusatzmassenkörpers Z_M kann optional, wie im Beispiel von Fig. 5 realisiert, durch eine Rückstellfederanordnung 15 unterstützt werden, die in diesem Beispiel einerseits am Zusatzmassenkörper Z_M und andererseits in einer Aufnahme in der Gießkolbenkupplung 9 gehalten ist.

[0055] Fig. 7 veranschaulicht in einer schematischen Flussdiagrammform ein erfindungsgemäßes Gießverfahren nur mit den hier interessierenden Verfahrensschritten für eine Druckgießmaschine, die mit einem erfindungsgemäßen Gießkolbensystem z.B. in einer Ausführung nach Art einer der Fig. 1 bis 6 ausgerüstet ist. Wie an sich bekannt, werden für die Durchführung eines jeweiligen Gießzyklus ein oder mehrere Gießparameter erfasst, die aus einem oder mehreren vorausgegangenen Gießzyklen abgeleitet und/oder für den anstehenden Gießzyklus vorgegeben werden. Diese Gießparametererfassung erfolgt durch eine Maschinensteuerung, mit der die Druckgießmaschine typischerweise ausgerüstet ist und die auch eine Steuerungseinheit für das Gießkolbensystem bildet bzw. umfasst. Die Steuerungseinheit für das Gießkolbensystem ist, wie ebenfalls an sich bekannt, zur Steuerung bzw. Regelung des jeweiligen Gießvorgangs eingerichtet.

[0056] Charakteristischerweise ermittelt die Steuerungseinheit beim erfindungsgemäßen Gießkolbensystem die für den bzw. die anstehenden Gießzyklen als optimal einzustellende Masse des bewegten Systemteils 2 und/oder die für den bzw. die anstehenden Gießzyklen als optimal einzustellende Verzögerungszeit der gegenüber dem bewegten Systemhauptteil 2a relativbeweglich angeordneten Zusatzmasseneinheit Z_E . Vorzugsweise wertet die Steuerungseinheit dazu sensorisch oder anderweitig erfasste, zu einem oder mehreren vorangegangenen Gießzyklen gehörige Istwerte eines oder mehrerer Gießparameter aus, insbesondere solcher Gießparameter, welche die Qualität des hergestellten Gießteils und/oder die Effektivität des Gießvorgangs beeinflussen bzw. repräsentieren. Die Steuerungseinheit ist dadurch in der Lage, den Gießzyklus selbsttätig zu optimieren, je nach Auslegung der Steuerung rein steuernd und/oder iterativ und/oder unter Verwendung von vorab durchgeführten Computersimulationen und/oder mittels Echtzeit-Regelungseingriffen während des jeweiligen Gießvorgangs.

[0057] Verfahrensgemäß wird somit, wie in Fig. 7 angegeben, die Masse des bewegten Systemteils 2 und/oder die Verzögerungszeit für die relativbeweglich

angeordnete Zusatzmasseneinheit Z_E für einen oder mehrere zukünftige Gießzyklen in Abhängigkeit von dem wenigstens einen erfassten Gießparameter variabel eingestellt. Anschließend wird der Gießvorgang mit entsprechend optimierter Gießprozessführung durchgeführt.

[0058] In entsprechenden Ausführungen ist die Steuerungseinheit durch einen in ihr geeignet abgelegten Algorithmus dafür eingerichtet, im Rahmen der verfahrensgemäßen Durchführung der Gießvorgänge aus der Gießkolbenposition, der Gießkolbengeschwindigkeit, d.h. der Vorschubgeschwindigkeit des bewegten Systemteils 2, und der Masse des bewegten Systemteils 2 bzw. der Masse des bewegten Systemhauptteils 2a und der Masse der gleitbeweglichen Zusatzmasseneinheit Z_E den zugehörigen Impuls bzw. ein für die Impulsübertragung auf das Schmelzmaterial relevantes Impulsäquivalent zu ermitteln und zur Weiterverarbeitung zur Verfügung zu stellen. Dies kann z.B. auch dazu genutzt werden, den ermittelten Impulsübertragungseffekt als Maß für den in der Schmelze stattfindenden Verdichtungseffekt der ersten Druckspitze am Ende der Formfüllphase optisch oder in anderer Weise anzuzeigen bzw. darzustellen.

[0059] Des Weiteren ist die Steuerungseinheit in entsprechenden Ausführungen dafür eingerichtet, die zu einer gewünschten Höhe der ersten Druckspitze in Abhängigkeit von den bei der gegebenen Druckgießmaschine bzw. dem gegebenen Gießkolbensystem vorhandenen Einflussfaktoren die erforderliche Masse für den bewegten Systemteil 2 bzw. für den bewegten Systemhauptteil 2a und die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E zu ermitteln oder empirisch oder durch Computersimulation anhand eines zugehörigen, für das herzustellende Gießteil spezifischen Kennfeldes zu bestimmen. Zusätzlich oder alternativ kann die Steuerungseinheit dafür ausgelegt sein, die optimale Zusatzmasse ohne Kenntnis der tatsächlichen Druckspitze zu ermitteln, in diesem Fall z.B. empirisch anhand der ausgewerteten Gießteilqualität, wobei die Gießkolbengeschwindigkeit variiert wird, ohne den Impulseffekt zu verändern.

[0060] Als Einflussfaktoren werden insbesondere einer oder mehrere der folgenden Faktoren verwendet: Die vorgewählte oder tatsächliche Gießkolbengeschwindigkeit in der Formfüllphase; die Masse des bewegten Systemteils 2 ohne relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E und ohne lösbar anzubringende Zusatzmassenkörper Z_K , Z_{K_1} , ...; die Schließkraft der Formschließeinheit der Druckgießmaschine; die Sprengfläche des Gießteils und/oder Angusses; das Gewicht des Gießteils und/oder des Angusses; die Gießteilcharakteristik insbesondere hinsichtlich Wanddicken; die Zusammensetzung des Schmelzmaterials; der in der Gießkammer 12 wirksame Gießkolbendurchmesser; die Abmessungen des Gießkolbenantriebs insbesondere hinsichtlich Durchmesser und hydraulischer Wirkflächen; der hydraulische Antriebsdruck des Gießkolbenantriebs; die Parameter der optionalen Druckmultiplikatorvorrichtung, insbesondere hinsichtlich Abmessungen und hydraulischer Wirk-

flächen der Multiplikatoreinheit, Druckprofilvorgabe und Multiplikatorsystemdruck; und der aktuelle und/oder maximal mögliche Wert für den Gleithub H im Fall einer vorhandenen, relativbeweglichen Zusatzmasseneinheit Z_E .

[0061] Zudem kann die Steuerungseinheit dafür eingerichtet sein, zu einer gewünschten Höhe der ersten Druckspitze bei bekannter Masse der relativbeweglichen, vorhandenen Zusatzmasseneinheit Z_E in Abhängigkeit von den genannten Einflussfaktoren den zugehörigen Wert für den Gleithub H zu ermitteln oder aus einem empirisch oder durch Computersimulation ermittelten, für das herzustellende Gießteil spezifischen Kennfeld zu bestimmen. Auch in diesem Fall kann in analoger Weise vorgegangen werden, wenn die tatsächliche Druckspitze nicht bekannt ist, jedoch empirisch der Impulsübertragungseffekt als gut bewertet wird und lediglich die Gießkolbengeschwindigkeit variiert werden soll, ohne den Impulsübertragungseffekt zu verändern. Als zusätzlicher Einflussfaktor kann hier bei vorhandener Arretierungseinheit 11 deren Arretierungszustand hinzutreten, d.h. ob die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E bzw. der relativbewegliche Zusatzmassenkörper Z_M durch die Arretierungseinheit 11 arretiert ist oder nicht.

[0062] Es versteht sich, dass gewählte Massenveränderungen für den bewegten Systemteil 2 von der Steuerungseinheit für die Gesamtsteuerung des Gießkolbensystems geeignet berücksichtigt werden. So erfordert eine Änderung der Masse des bewegten Systemteils 2 entsprechend veränderte Antriebskräfte zum Beschleunigen des bewegten Systemteils 2.

[0063] Die Erfassung der Gießparameter wird durch geeignete Sensorik unterstützt, wie sie sich für den Fachmann bei Kenntnis der Sensorikaufgaben ohne Weiteres versteht. Die Sensorik kann hierbei insbesondere einen oder mehrere der folgenden Sensoren beinhalten: einen oder mehrere Endschalter zur Detektion der Anwesenheit starr angekoppelter Zusatzmassenkörper Z_K , Z_{K_1} , ... und/oder der relativbeweglichen Zusatzmasseneinheit Z_E ; drahtgebundene und/oder drahtlose Identifikationssensoren zum Identifizieren einzelner Zusatzmassenkörper und/oder Bauteilkomponenten des Gießkolbensystems und insbesondere von dessen bewegtem Systemteil 2; Beschleunigungssensoren, deren Sensorinformationen zusammen mit Sensordaten des Gießantriebssystems, insbesondere hinsichtlich Position, Drücke etc., zur Ermittlung der Gesamtmasse des bewegten Systemteils 2 ausgewertet werden können; ein Sensor zur Messung des aktuellen Gleithubs H bei Vorhandensein der relativbeweglichen Zusatzmasseneinheit Z_E ; ein Sensor zur Detektion, ob sich die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E bzw. der Zusatzmassenkörper Z_M in der Anfangsstellung befindet; und ein Sensor zur Detektion, ob sich die relativbewegliche Zusatzmasseneinheit Z_E bzw. der relativbewegliche Zusatzmassenkörper Z_M bei Vorhandensein der Arretierungseinheit 11 im arretierten Zustand befindet.

[0064] Fig. 8 veranschaulicht im Kennliniendiagramm für exemplarische Ausführungsbeispiele schematisch

den typischen Verlauf des Forminnendruckes, d.h. des Drucks p_S des Schmelzmaterials in der Form, in Abhängigkeit von der Zeit t für den letzten Teil der Formfüllphase und die anschließende Nachdruckphase. Dabei veranschaulicht eine gestrichelt wiedergegebene erste Kennlinie K1 einen typischen Zeitverlauf des Forminnendruckes p_S für ein herkömmliches Gießkolbensystem ohne Druckmultiplikatorvorrichtung. Der Gießkolben bewegt sich zunächst mit z.B. weitgehend konstanter Vorschubgeschwindigkeit, d.h. Füllgeschwindigkeit, und sobald zu einem Zeitpunkt t_E das Ende der Formfüllphase erreicht wird, entsteht in der Form ein Druckaufbau, der seinerseits zu einem Druckanstieg in der Gießkammer führt, wodurch der Gießkolben bis zum Stillstand abgebremst wird, d.h. der Impuls des Gießkolbens bzw. des bewegten Systemteils des Gießkolbensystems wird unter entsprechender Zunahme des Forminnendruckes bis auf null abgebaut. Das flüssige Schmelzmaterial in der Form wirkt bis zu einem gewissen Grad kompressibel, d.h. wie eine hydraulische Feder. Zu einem Zeitpunkt t_S kommt der bewegte Systemteil des Gießkolbensystems erstmals zum Stillstand und in der Form herrscht der höchste Druckwert, d.h. die erste Druckspitze. Anschließend ergibt sich ein gewisses gedämpftes Nachschwingen des Forminnendruckes p_S aufgrund einer entsprechenden gedämpften Schwingungsbewegung des bewegten Systemteils des Gießkolbensystems zwischen dem kompressiblen Schmelzmaterial einerseits und der kompressiblen Hydraulikflüssigkeit im antreibenden Gießaggregat andererseits, wie aus dem Verlauf der Kennlinie K1 ersichtlich.

[0065] Eine zweite Kennlinie K2 veranschaulicht einen typischen Gießverlauf bei Verwendung des erfindungsgemäßen Gießkolbensystems mit bewegungsstarr an den bewegten Systemteil 2 angekoppelter Zusatzmasse, z.B. dem Zusatzmassenkörper ZK gemäß den Fig. 1 bis 3 oder den Zusatzmassenkörpern ZK_1, ZK_2, \dots gemäß Fig. 4, und mit einer Druckmultiplikatorvorrichtung. Bis zum Zeitpunkt t_E am Ende der Formfüllphase mit dem beginnenden starken Druckanstieg entspricht der Verlauf des Gießvorgangs demjenigen im konventionellen Fall gemäß der Kennlinie K1, und es tritt auch hier das erläuterte, gedämpfte Nachschwingen beim Übergang in die Nachdruckphase auf. Jedoch ist der Forminnendruck p_S zum Zeitpunkt t_S der ersten Druckspitze gegenüber dem konventionellen Fall erhöht, d.h. die Kennlinie K2 liegt hier über der Kennlinie K1. Und zu einem Zeitpunkt t_M setzt die Wirkung der Druckmultiplikatorvorrichtung ein, durch die dann der Form innendruck p_S auf einen gewünschten, erhöhten Endwert p_F gebracht wird, der deutlich über dem Endwert p_K im konventionellen Fall der ersten Kennlinie K1 ohne Druckmultiplikatorvorrichtung liegt. Die Anhebung des Forminnendruckes p_S im Zeitpunkt der ersten Druckspitze t_S geht auf den zusätzlichen Impulsübertrag auf das Schmelzmaterial in der Form durch die bewegungsstarr an den bewegten Systemteil 2 des Gießkolbensystems angekoppelte Zusatzmasse zurück, die durch einen oder mehrere der er-

wähnten Zusatzmassenkörper ZK, ZK_1, ZK_2, \dots und/oder durch den oben zur Fig. 6 erläuterten Austausch entsprechender Komponenten des bewegten Systemteils 2 durch funktionsäquivalente Komponenten anderer Masse bereitgestellt wird.

[0066] Eine dritte Kennlinie K3 veranschaulicht einen beispielhaften Gießvorgang bei Verwendung des erfindungsgemäßen Gießkolbensystems in einer Ausführung entsprechend derjenigen, wie oben zur zweiten Kennlinie K2 erläutert, jedoch mit zusätzlich vorhandener, relativbeweglich angeordneter Zusatzmasseneinheit Z_E . Da diese Zusatzmasseneinheit Z_E ihre impulsübertragende Wirkung auf das Schmelzmaterial erst um die vorgebbare Verzögerungszeit später entfaltet als der bewegte Systemhauptteil 2a, entspricht der zeitliche Verlauf des Forminnendruckes p_S in diesem Ausführungsbeispiel gemäß der Kennlinie K3 demjenigen der Kennlinie K2 bis zu einem Zeitpunkt t_V , zu dem diese Verzögerungszeit abgelaufen ist und die Zusatzmasseneinheit Z_E abbremst und ihren Impuls zusätzlich auf das Schmelzmaterial überträgt. Dies hat zur Folge, dass der Forminnendruck p_S zu diesem Zeitpunkt t_V ansteigt und die zugehörige Kennlinie K3 im weiteren Verlauf des Gießvorgangs bis zum Erreichen des Enddruckes p_F in der Nachdruckphase um einen entsprechenden Zusatzdruck über der zweiten Kennlinie K2 liegt. Wie aus einem Vergleich der Kennlinien K2 und K3 ersichtlich, ist es durch die relativbewegliche Anordnung der Zusatzmasseneinheit Z_E möglich, einen wünschenswerten Druckerhöhungsbeitrag zum Forminnendruck p_S im Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt t_S der ersten Druckspitze und dem Zeitpunkt t_M der einsetzenden Druckmultiplikatorwirkung bereitzustellen.

[0067] Wie die gezeigten und die weiteren oben erläuterten Ausführungsbeispiele deutlich machen, stellt die Erfindung ein vorteilhaftes Gießkolbensystem zur Verwendung in Druckgießmaschinen zur Verfügung, mit dem sich die Druckgießvorgänge insbesondere im Zeitraum am Ende der Formfüllphase und beim Übergang zur Nachdruckphase gegenüber herkömmlichen Gießvorgängen signifikant optimieren bzw. verbessern lassen, was wiederum eine Steigerung der Qualität der hergestellten Gießteile ermöglicht. Insbesondere kann die Verdichtung, die Festigkeit, die Porosität und/oder die Gefügebildung des Gießteils günstig beeinflusst werden, indem der Impulsübertrag auf das Schmelzmaterial durch die Massenänderung des bewegten Systemteils variiert werden kann, ohne dass zwingend die Vorschubgeschwindigkeit des bewegten Systemteils geändert werden muss.

[0068] Die Erfindung ermöglicht unabhängig voneinander eine gezielte Beeinflussung der durch die Vorschubgeschwindigkeit des bewegten Systemteils 2 bedingten Formfüllzeit, d.h. Dauer der Formfüllphase, und des Druckwertes für den Forminnendruck zum Zeitpunkt der ersten Druckspitze, da dieser Druckwert erfindungsgemäß durch die Massenänderung des bewegten Systemteils verändert werden kann, ohne die Vorschubge-

schwindigkeit zu ändern. Die Erfindung ermöglicht es so beispielsweise, von einem Gießkolbensystem mit minimaler Masse des bewegten Systemteils auszugehen, was zur Erzielung kurzer Formfüllzeiten aufgrund höherer vorgegebener Vorschubgeschwindigkeit grundsätzlich günstig ist, und nach Bedarf die Masse des bewegten Systemteils durch die genannten Maßnahmen zu erhöhen, um ein gewünschtes Druckniveau für die erste Druckspitze zu erzielen und/oder eine Druckerhöhung in einem Zeitraum nach der ersten Druckspitze durch die verzögert wirkende relativbewegliche Zusatzmasseneinheit bereitzustellen, insbesondere als Überbrückungsmaßnahme bis zum Einsetzen einer Druckmultiplikatorwirkung.

Patentansprüche

1. Gießkolbensystem für eine Druckgießmaschine, mit
 - einem stationären Systemteil (1) und
 - einem in einem jeweiligen Gießzyklus zum Einbringen von Schmelzmaterial in eine Gießform gegenüber dem stationären Systemteil bewegten Systemteil (2), der einen Gießkolben (3), eine Gießkolbenstange (4) und eine Stangenantriebseinheit (5) umfasst und zur Abbremsung am Ende einer Formfüllphase des Gießzyklus unter Druckeinwirkung auf das Schmelzmaterial eingerichtet ist,
 - dadurch gekennzeichnet, dass**
 - der bewegte Systemteil (2) eine zwischen verschiedenen Gießzyklen veränderlich einstellbare Masse aufweist, und/oder
 - der bewegte Systemteil aus einem bewegten Systemhauptteil (2a) und einer gegenüber dem Systemhauptteil relativbeweglich angeordneten Zusatzmasseneinheit (Z_E) besteht, die zur Abbremsung am Ende der Formfüllphase des Gießzyklus um eine vorgebbare Verzögerungszeit später als der Systemhauptteil eingerichtet ist.
2. Gießkolbensystem nach Anspruch 1, weiter **gekennzeichnet durch** einen oder mehrere Zusatzmassenkörper (ZK , ZK_1 , ZK_2 , ...), die jeweils zum lösbaren Anbringen am bewegten Systemteil eingerichtet sind und im angebrachten Zustand einen Bestandteil des bewegten Systemteils bilden.
3. Gießkolbensystem nach Anspruch 2, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Zusatzmassenkörper vorgesehen sind, von denen wenigstens zwei Zusatzmassenkörper eine unterschiedliche Masse besitzen.
4. Gießkolbensystem nach Anspruch 2 oder 3, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre Sys-

temteil eine Zusatzmassen-Bevorratungseinheit (6) zum bevorrateten Bereitstellen des oder der Zusatzmassenkörper aufweist.

5. Gießkolbensystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, weiter **gekennzeichnet durch** eine Zusatzmassen-Handhabungseinheit (7), die zum selbsttätigen Anbringen und Abnehmen eines jeweiligen Zusatzmassenkörpers am und vom bewegten Systemteil eingerichtet ist.
6. Gießkolbensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiter **gekennzeichnet durch**
 - einen Satz von mehreren Gießkolben (3_1 , 3_2 , ...) mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolben des bewegten Systemteils eingerichtet sind, und/oder
 - einen Satz von mehreren Gießkolbenstangen (4_1 , 4_2 , ...) mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als Gießkolbenstange des bewegten Systemteils eingerichtet sind, und/oder
 - einen Satz von mehreren Gießkolbenkupplungen (9_1 , 9_2 , ...) mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als eine Gießkolbenkupplung (9) der Stangenantriebseinheit des bewegten Systemteils eingerichtet sind, und/oder
 - einen Satz von mehreren Gießkolben-Antriebskolben (10_1 , 10_2 , ...) mit vordefiniert unterschiedlicher Masse, die sich in ihrer Masse um vordefinierte Masseninkremente unterscheiden und zur austauschbaren Verwendung als ein Gießkolben-Antriebskolben (10) der Stangenantriebseinheit des bewegten Systemteils eingerichtet sind.
7. Gießkolbensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** die relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheit einen gleitbeweglich zwischen einer Anfangsstellung und einer Endstellung am bewegten Systemhauptteil angeordneten Zusatzmassenkörper (Z_M) beinhaltet, wobei die Anfangsstellung durch einen Initial-Endanschlag (IA) am bewegten Systemhauptteil definiert ist und/oder die Endstellung durch einen Aufprall-Endanschlag (AA) am bewegten Systemhauptteil definiert ist.
8. Gießkolbensystem nach Anspruch 7, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Initial-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil verstellbar ist und/oder
- der Aufprall-Endanschlag am bewegten Systemhauptteil verstellbar ist.

5

9. Gießkolbensystem nach Anspruch 7 oder 8, weiter **gekennzeichnet durch** eine Arretierungseinheit (11) zur lösbaren Arretierung des Zusatzmassenkörpers in der Anfangsstellung oder in der Endstellung oder an einer vorgebbaren Arretierposition zwischen der Anfangsstellung und der Endstellung.

10

10. Gießverfahren für eine Druckgießmaschine mit einem Gießkolbensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem

15

- wenigstens ein Gießparameter eines jeweiligen Gießzyklus erfasst wird und
- die Masse des bewegten Systemteils und/oder die Verzögerungszeit für die relativbeweglich angeordnete Zusatzmasseneinheit für einen oder mehrere zukünftige Gießzyklen in Abhängigkeit von dem wenigstens einen erfassten Gießparameter variabel eingestellt wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

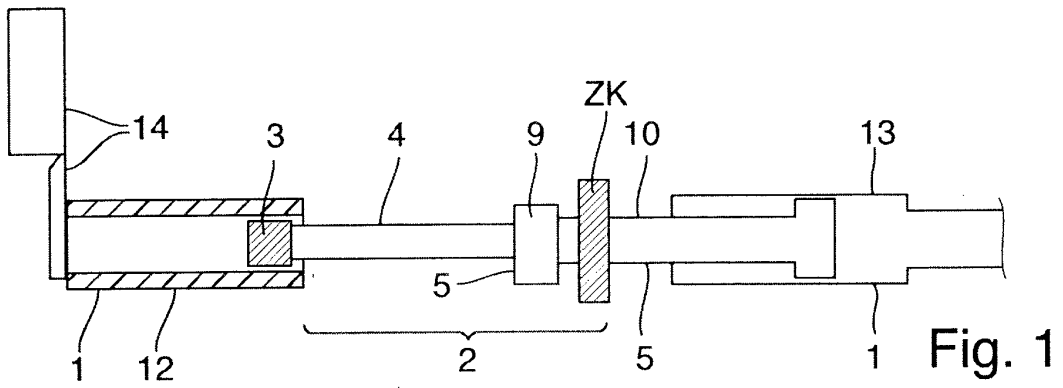


Fig. 1

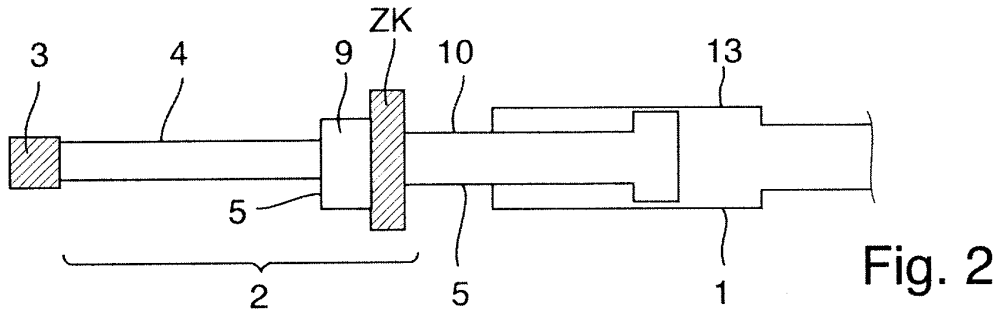


Fig. 2

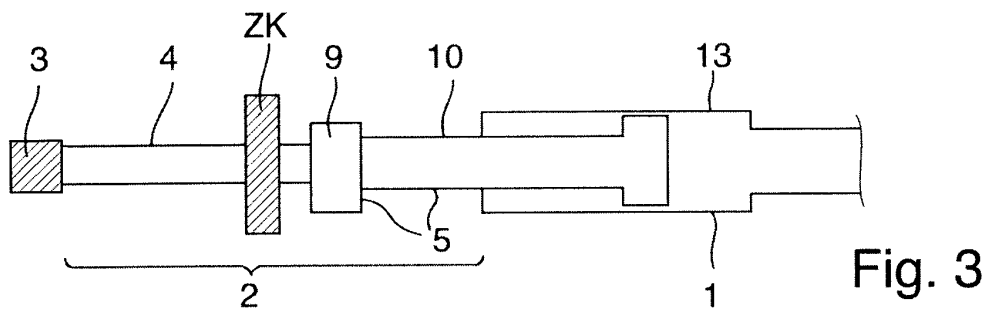


Fig. 3

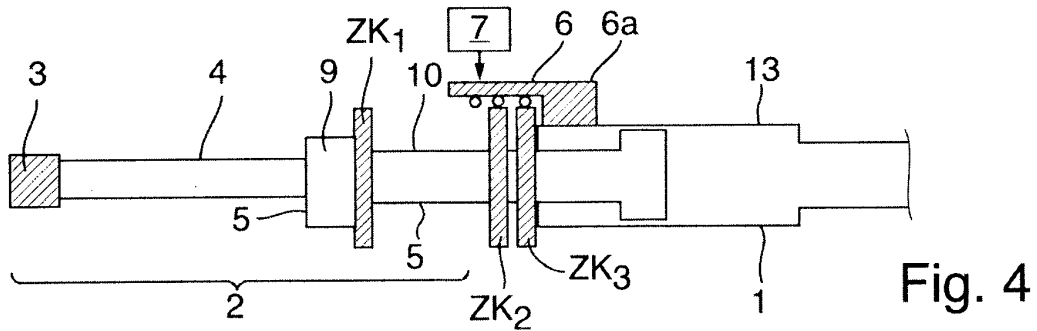


Fig. 4

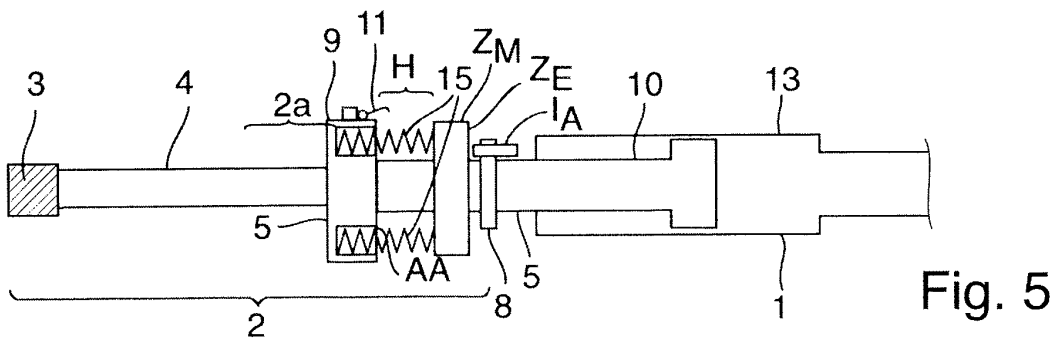


Fig. 5

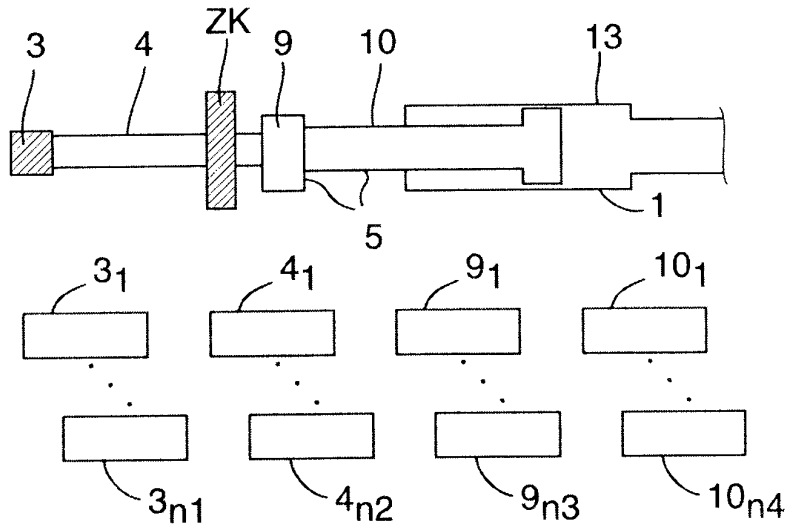


Fig. 6

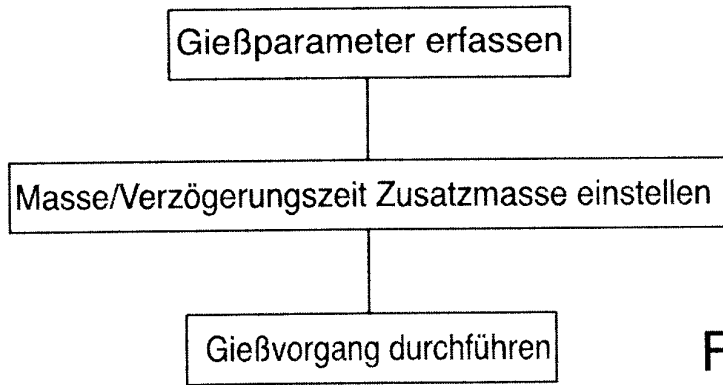


Fig. 7

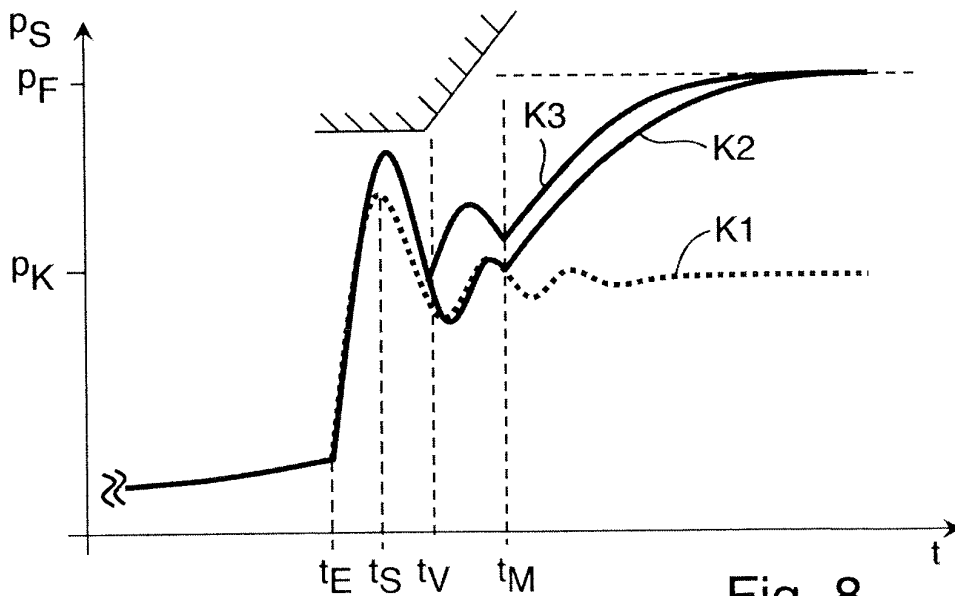


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 16 4291

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2019 155378 A (TOYO KIKAI KINZOKU KK) 19. September 2019 (2019-09-19) * Absätze [0021], [0042]; Ansprüche 1,7; Abbildungen 1,3,4,10 * -----	1-10	INV. B22D17/20
X	US 2020/078858 A1 (DIONI FIORENZO [IT] ET AL) 12. März 2020 (2020-03-12) * Ansprüche 1,3,4; Abbildung 1 * -----	1-10	
X	WO 2019/198218 A1 (AHRESTY CORP) 17. Oktober 2019 (2019-10-17) * Absätze [0048], [0049]; Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	1-10	
X	US 2016/279701 A1 (TOMIOKA SATOSHI [JP] ET AL) 29. September 2016 (2016-09-29) * Ansprüche 1-8; Abbildung 1 * -----	1-10	
A	EP 1 046 444 A1 (RITTER ALUMINIUM GIESSEREI GMB [DE]) 25. Oktober 2000 (2000-10-25) * Abbildungen 2-6 * -----	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B22D
Recherchenort		Abschlussdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		7. Mai 2021	Momeni, Mohammad
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 16 4291

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-05-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	JP 2019155378 A	19-09-2019	CN 110238366 A JP 2019155378 A US 2020147679 A1 US 2021114089 A1	17-09-2019 19-09-2019 14-05-2020 22-04-2021
20	US 2020078858 A1	12-03-2020	CN 110167692 A EP 3554745 A1 JP 2020500720 A US 2020078858 A1 WO 2018108313 A1	23-08-2019 23-10-2019 16-01-2020 12-03-2020 21-06-2018
25	WO 2019198218 A1	17-10-2019	CN 111212695 A EP 3666418 A1 JP WO2019198218 A1 US 2020282455 A1 WO 2019198218 A1	29-05-2020 17-06-2020 22-04-2021 10-09-2020 17-10-2019
30	US 2016279701 A1	29-09-2016	CN 106003545 A JP 5905617 B1 JP 2016185550 A US 2016279701 A1	12-10-2016 20-04-2016 27-10-2016 29-09-2016
35	EP 1046444 A1	25-10-2000	AT 213980 T BR 0001645 A CN 1270863 A EP 1046444 A1 JP 2000312958 A KR 20000071729 A	15-03-2002 31-10-2000 25-10-2000 25-10-2000 14-11-2000 25-11-2000
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3433121 C1 [0006]
- JP 8300134 A [0007]
- DE 4218556 A1 [0008]
- DE 2833063 C2 [0009]