



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 3 275 567 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**31.01.2018 Patentblatt 2018/05**

(51) Int Cl.:  
**B21D 26/027** (2011.01)      **B21D 26/041** (2011.01)  
**B21D 26/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17400044.8**

(22) Anmeldetag: **15.07.2017**

(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:

**MA MD**

(30) Priorität: **25.07.2016 DE 102016008941**

(71) Anmelder: **Fachhochschule Südwestfalen  
58644 Iserlohn (DE)**

(72) Erfinder:  

- **HERMES, Matthias Prof.Dr.-Ing  
59558 Lippstadt (DE)**
- **BÖHMER, Marcus  
59889 Eslohe (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Uwe  
Patentanwalt  
Holbeinstraße 27  
59423 Unna (DE)**

### (54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM HYDRAULISCHEN HOCHGESCHWINDIGKEITS-HOCHDRUCKUMFORMEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen, bei dem ein in einem Wirkbereich (27) an einem umzuformenden Rohling (5) befindliches hydraulisches Wirkmedium (13) mit einem Druckimpuls schlagartig beaufschlagt wird und das hydraulische Wirkmedium (13) den umzuformenden Rohling (5) zumindest bereichsweise in Richtung auf ein Umformwerkzeug (6) hin beschleunigt. Hierbei wird gleichzeitig mit dem Druckimpuls und/oder

nach dem Druckimpuls derart hydraulisches Wirkmedium (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verschoben und derart unter Druck in dem Wirkbereich (27) gehalten, dass die Druckwirkung des Wirkmediums (13) den umzuformenden Rohling (5) in dem Wirkbereich (27) sicher an die formgebenden Oberflächen des Umformwerkzeugs (6) anlegt. Ebenfalls wird eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung angegeben.

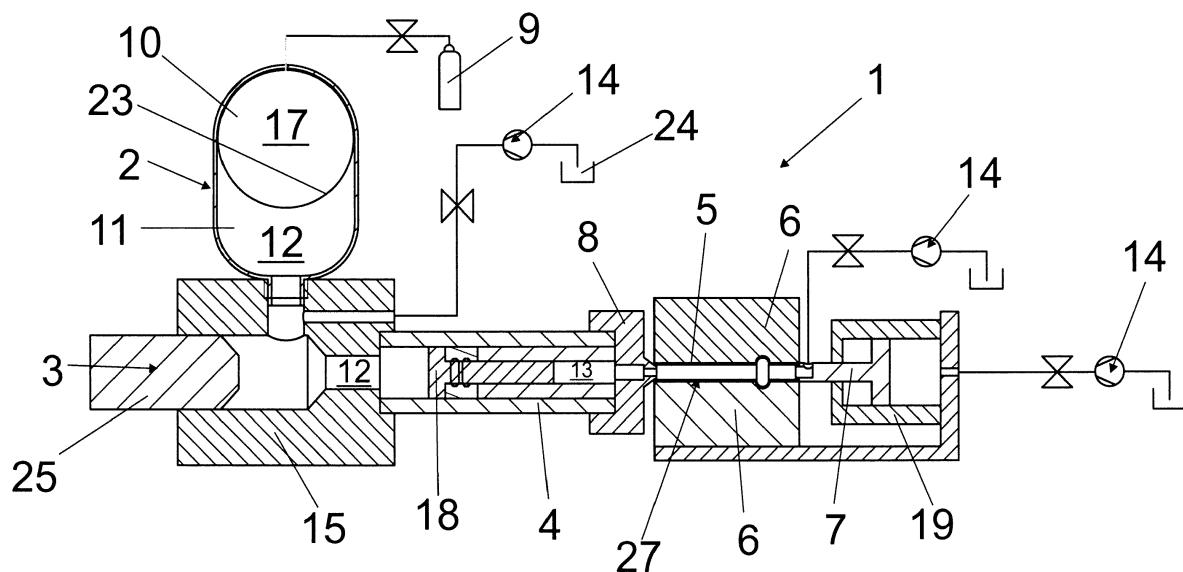


Fig. 3

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 12.

**[0002]** Das Innenhochdruckumformen (IHU) von Blechen, Rohren und Profilen ist seit vielen Jahren ein wichtiges Fertigungsverfahren für die Industrie, um dünnwandige und komplexe Leichtbauteile in einem Prozessschritt herzustellen. Beispielsweise werden komplexe Strukturbauten für Karosserien oder aufwendige Abgasanlagen durch IHU gefertigt.

**[0003]** Bei der Produktion von kostengünstigen Massenartikeln und kleineren Bauteilen kommt dieses Verfahren jedoch nicht so häufig zum Einsatz, da die Technologie bezüglich des Anlagenaufwands und der Prozesszeit für die jeweilige Anwendung zu unwirtschaftlich ist. Diese Probleme führen dann dazu, dass andere Verfahren eingesetzt werden. Beispielsweise ist das Tiefziehen von Halbschalen und das anschliessende Verschweißen der Halbschalen ein üblicher Weg. Bei kleineren rohrförmigen Bauteilen beispielsweise im Bereich der Rohrenden kommen sogar häufig zerspannte Teile zum Einsatz, die an die Rohrenden angeschweißt oder angelötet werden, um so eine geforderte Geometrie realisieren zu können.

**[0004]** Der große Aufwand bei den Anlagenkosten beim IHU ist darin begründet, dass die großen statischen Innendrücke zum Umformen durch hohe Presskräfte z.B. einer Presse abgestützt werden müssen, was große Gestelle und Antriebsleistungen bei derartigen Pressen erfordert. Zudem ist der Umformprozess mit einer aufwendigen Regelung verbunden, die das kontrollierte Nachschieben der Dichtstempel mit dem gesteuerten Druckaufbau durch den Druckübersetzer synchronisiert. Dies macht die Anlagentechnik sehr teuer und häufig gegenüber konventionellen Methoden unrentabel. Ein weiteres Problem im Bereich der Dichtstempel ist die Abdichtung des hohen Wirkmediendrucks. Kommt es hier zu einer Undichtigkeit, ist häufig der Prozessverlauf gestört.

**[0005]** In den letzten Jahren sind wirkmedienbasierte Umformprozesse in der Entwicklung, die auf Stoßwellen beruhen, die durch beschleunigte Plunger, Lichtbögen oder Sprengstoff bewirkt werden. Diese Verfahren gehören zur Hochgeschwindigkeitsumformung (HGU) und sind sehr vorteilhaft:

- Das Umformvermögen der Werkstoffe wird durch die hohe Umformgeschwindigkeit verbessert. Dies erfolgt durch das träge Verhalten des umgeformten Werkstoffes. Bei statischen Prozessen versagt der Werkstoff an der schwächsten Stelle. Beim HGU wird dies durch die Träigkeitseffekte vermindert. Die umgeformten Bereiche des Werkstücks werden zudem infolge der hohen lokalen Umwandlung der Umformenergie interkristallin erwärmt. So wird das Umformvermögen gesteigert. Der Prozess ist sehr

schnell und hat somit ein großes Potential für eine kosteneffiziente Fertigung.

- 5 • Es sind geringe Schließkräfte erforderlich, da mit einer trägheitsverriegelten Presse gearbeitet werden kann. Dies reduziert die Gesamtanlagenkosten, da aufwendige mechanische oder hydraulische Verriegelungen eingespart werden können.
- 10 • Die Wirkmedien können leichter abgedichtet werden, da durch die hohen und schnellen Druckimpulse und temporär sehr hohen Volumenströme eventuelle Undichtigkeiten zu keinem maßgeblichen Druckabfall führen und der Umformprozess aufgrund der hohen Geschwindigkeit störungsfrei auch bei einer Undichtigkeit ausgeführt werden kann.

**[0006]** Trotz des großen Potentials konnten sich diese Verfahren bisher nur bedingt durchsetzen, da die zur Verfügung stehende Antriebstechnik für einen industriellen Einsatz problematisch ist. Elektrothermische Antriebe, die auf Lichtbögen beruhen, sind bedingt einsatzfähig, da in Verbindung mit den Fluiden häufig Probleme infolge von Kurzschlägen entstehen. Ferner sind die erforderlichen Hochleistungsstromquellen kostenintensiv. Die Verwendung von Sprengstoffen ist aus Sicherheitsgründen ebenfalls problematisch. Weiterhin sind die Plungerverfahren, darunter das bekannte Hydropunchverfahren, infolge der großen Fallhöhe industriell schwierig einsetzbar.

**[0007]** Aus der DE 1 652 616 A ist ein gattungsgemäßes Verfahren zum Impuls-Hochdruckumformen von im Ausgangszustand ebenen Blechteilen bekannt, bei dem ein unter hohem Druck stehendes Gas bei seiner schlagartigen Entspannung eine Flüssigkeit mit einem hohen Druckimpuls beaufschlägt, die wiederum das ebene blechartige Werkstück verformt. Die hierfür notwendige Vorrichtung ist aufwändig gestaltet und erfordert zur Abstimmung der notwendigen Abläufe eine umfangreiche Steuerungstechnik.

**[0008]** Aus der DE 10 2007 018 066 B4 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zum Impuls-Innenhochdruckumformen bekannt, bei dem ein Impulsgenerator einen sehr kurzen Druckimpuls erzeugt, der über einen Pressstempel auf ein Druckmedium innerhalb des umzuformenden Werkstücks übertragen werden kann. Als Arten der Erzeugung der Umformenergie für die impulsartige Umformung werden mechanische, elektromagnetische, chemische oder thermische Wirkungsweisen beschrieben, darunter auch eine Impulserzeugung mittels unter hohem Druck vorgespannter Gase, die schlagartig über ein extrem schnell öffnendes Ventil entweder direkt oder über den Umweg über ein vorzugsweise flüssiges Wirkmedium auf das Werkstück wirken und dieses verformen können. Nachteilig an dieser bekannten Art der impulsartigen Umformung ist der sehr kurze Einwirkungszeitraum des Druckimpulses auf die Werkstückwandungen, der diese Werkstückwandungen zwar kurz-

zeitig in Richtung auf die Werkzeugform hin beschleunigt, für eine zuverlässige Ausformung der Detail-Sollkontur des Werkstücks aber häufig nicht ausreichend ist. Durch die extrem kurze Zeit des Druckimpulses wirkt das im Inneren des Werkstücks befindliche Volumen des Druckmediums nur sehr kurzzeitig auf die Werkstückwandungen, so dass eine genaue Abformung der Detail-Sollkontur des Werkstücks nicht sichergestellt werden kann. Nach Abklingen des sehr kurzen Druckimpulses wird das Wirkmedium innerhalb des Werkstücks wieder entspannt und damit die Kraftwirkung auf die Werkstückwandungen aufgehoben, so dass die Umformung im Wesentlichen aufgrund der Trägheitskräfte der Werkstückwandungen erfolgt. Dies resultiert in Maß- und Formgenauigkeiten des hergestellten Werkstücks. Außerdem ist die Beeinflussung des Druckimpulses bei der Umformung nur sehr schwierig möglich, da die schlagartige Freigabe z.B. des Gasdruckes nur geringe Einflussmöglichkeiten bietet.

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen vorzuschlagen, bei dem mit geringem gerätetechnischen Aufwand die Umformenergie bereitgestellt und einfach auf das umzuformende Werkstück so aufgebracht wird, dass eine vollständige Ausformung des Werkstücks in jedem Fall sicher gestellt ist.

**[0010]** Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich des Verfahrens aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und hinsichtlich der Vorrichtung aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 12 jeweils in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0011]** Die Erfindung gemäß Anspruch 1 geht aus von einem Verfahren zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen, bei dem ein in einem Wirkbereich an einem umzuformenden Rohling befindliches hydraulisches Wirkmedium mit einem Druckimpuls schlagartig beaufschlagt wird und das hydraulische Wirkmedium den umzuformenden Rohling zumindest bereichsweise in Richtung auf ein Umformwerkzeug hin beschleunigt. Ein derartiges gattungsgemäßes Verfahren wird dadurch in erfindungsgemäßer Weise weiter entwickelt, dass gleichzeitig mit dem Druckimpuls und/oder nach dem Druckimpuls derart hydraulisches Wirkmedium in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verschoben und derart unter Druck in dem Wirkbereich gehalten wird, dass die Druckwirkung des Wirkmediums den umzuformenden Rohling in dem Wirkbereich sicher an die formgebenden Oberflächen des Umformwerkzeugs anlegt. Im Gegensatz zu der rein impulsartigen Beaufschlagung des Rohlings mit dem Wirkmedium gemäß Stand der Technik, bei der nur sehr wenig Wirkmedium in Richtung auf den Rohling verschoben wird und dabei auf den Rohling einwirken kann, wird bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise eine ausreichende Menge des Wirkmediums so lange in Kontakt mit dem

Rohling gebracht, dass die Ausformung der Sollkontur des Werkstücks auf jeden Fall sicher gestellt werden kann. Dadurch, dass schon im Verlauf der Impulsbeaufschlagung eine ausreichende Menge des Wirkmediums in den Wirkbereich mit dem Rohling gebracht und anschließend auch dort unter dem hohen Druck gehalten wird, kann sich die Sollkontur des Werkstücks durch die fortwährende Druckbeaufschlagung vollständig ausbilden und damit hohe Genauigkeiten bei der Werkstückherstellung auf jeden Fall sicherstellen. Damit kombiniert das erfindungsgemäße Verfahren die Vorteile der langsamen konventionellen IHU mit denjenigen der reinen Impulsumformung. Durch die erzielbaren Trägheitseffekte der schnellen Impulsumformung werden die Nachteile langsamer Umformungsgeschwindigkeiten, nämlich ein Versagen des Werkstoffs an der schwächsten Stelle, umgangen, zudem werden die umgeformten Bereiche des Rohlings infolge der hohen lokalen Umwandlung interkristallin erwärmt und dadurch das Umformvermögen gesteigert. Dies beruht zum einen darauf, dass anders als bei der bekannten Impulsumformung die Zeittdauer der Einwirkung des Wirkmediums wesentlich länger als der eigentliche Druckimpuls ist und daher der Rohling nicht nur kurzzeitig in Richtung auf die Werkzeugwandungen hin beschleunigt wird, sondern dass anschließend die Druckwirkung aufrecht erhalten bleibt und sich der Rohling unter dieser aufrechterhaltenen Druckwirkung vollständig zum Werkstück ausformen kann. Insbesondere, wenn die Erzeugung des Druckimpulses und die Verschiebung von Wirkmedium in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling mittels konventioneller hydraulischer Komponenten erfolgt, kann die Umformenergie durch entsprechende Steuerungsbefehle maßgeschneidert auf die jeweilige Umformaufgabe angepasst werden. Vorteile dieser maßgeschneiderten Zuführung der Umformenergie gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren sind die erreichbare Energieeinsparung, die Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit des Umformprozesses, eine dadurch erreichbare Verminderung von Ausschuss, eine hohe Anlagenverfügbarkeit durch kalibrierbaren Anlagen- und Werkzugverschleiß und definierte Produkteigenschaften des hergestellten Werkstücks. Mit der hohen Umformgeschwindigkeit lässt sich auch erreichen, dass eventuelle Undichtigkeiten bei der Abdichtung des Wirkbereichs des Wirkmediums zu keinem maßgeblichen Druckabfall des Wirkmediums führen und der Umformprozess aufgrund der hohen Geschwindigkeiten störungsfrei auch bei einer Undichtigkeit ausgeführt werden kann.

**[0012]** In einer ersten denkbaren Ausgestaltung des Verfahrens kann das Wirkmedium in das Innere des hohlen umzuformenden Rohlings verschoben und innerhalb des Rohlings gehalten wird. Dies erlaubt die erfindungsgemäße Herstellung von Hohlkörpern wie z.B. Rohren, Profilen etc., die ansonsten mit den Verfahren der konventionellen IHU hergestellt werden müssten.

**[0013]** In einer anderen denkbaren Ausgestaltung des Verfahrens kann das Wirkmedium in einen abgeschlos-

senen Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verschoben und in diesem Wirkbereich des Rohlings gehalten werden. Hierdurch können sowohl blechartige, z.B. ebene oder nicht-geschlossen in sich gekrümmte Rohlinge verformt werden, auch ist es denkbar, massive Rohlinge dadurch zu verformen.

**[0014]** Hinsichtlich der Kosten einer für die Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung als auch funktional ist es von besonderem Vorteil, wenn die Erzeugung des Druckimpulses und die Verschiebung von Wirkmedium in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling mittels konventioneller hydraulischer Komponenten erfolgt. Derartige Komponenten sind standardmäßig am Zuliefermarkt zu erhalten und erfordern daher keine aufwändigen Konstruktionsprozesse spezieller Bauteile. Zudem erlauben derartige standardmäßig am Zuliefermarkt zu erhaltende hydraulische Komponenten eine zuverlässige und genaue Steuerung der für die Umformung notwendigen Aktionen einer entsprechenden Vorrichtung. Damit lassen sich insbesondere je nach technischer Ausführung einer erfundungsgemäßen Anlage die Energiemenge des Druckimpulses, das Leistungsprofil während des Umformimpulses, der wirksame Volumenstrom des Druckmediums und damit auch des Wirkmediums, die Menge des Wirkmediums, das Druckprofil, inklusive des vorher eingestellten Fülldrucks in hohlen Rohlingen bzw. im Wirkbereich, die Umformzeit und auch das axiale Nachschieben bei der Umformung hohler Rohlinge durch einen Dichtzylinder sicher steuern und in weiten Grenzen beeinflussen. Ebenfalls lässt sich eine einfache Einbindung einer entsprechenden Vorrichtung in Steuerungen weiterer Fertigungseinrichtungen, wie etwa für weitere Umformprozesse, und damit eine gute Abstimmbarkeit und Reproduzierbarkeit des Prozesses erreichen.

**[0015]** Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Erzeugung des Druckimpulses mittels eines vorab aufladbaren Druckspeichers erfolgt. Ein derartiger vorab aufladbarer Druckspeicher, etwa in Form eines Blasenspeichers oder dgl. kann mit relativ geringer Pumpleistung sukzessive auf den benötigten Druck gebracht werden und diesen bis zur Auslösung des Druckimpulses halten. Derartige Speicher können ebenfalls als Standardbauteile kostengünstig bezogen werden.

**[0016]** Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Erzeugung des Druckimpulses und die Verschiebung von Wirkmedium in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling mittels eines schlagartig öffnabaren Druckventils erfolgt. Ein derartiges Druckventil, etwa ein Sitzventil mit einem großen Öffnungsquerschnitt und sehr kurzer Öffnungszeit, kann die in dem Druckspeicher gespeicherte Druckenergie in sehr kurzer Zeit freigeben und in Richtung auf das Wirkmedium weiter leiten. Dabei kann neben dem eigentlichen Druckimpuls durch ein solches Druckventil auch ein großer Volumenstrom an Druckmedium in Richtung auf das Wirkmedium freigesetzt und damit in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verschoben werden, wodurch die Druckwirkung auf

den Rohling erhöht und verlängert wird. Schließt das Druckventil wiederum nach der Weiterleitung des Druckmediums ebenfalls in sehr kurzer Zeit, so wird das verschobene Volumen des Druckmediums und damit auch

5 das verschobene Volumen des Wirkmediums in dem Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling eingeschlossen und unter Druck gehalten und kann damit zur genauen Abformung der Werkzeugkonturen auf den Rohling genutzt werden.

10 **[0017]** Hierbei ist es in weiterer Ausgestaltung denkbar, dass der Druckimpuls, vorzugsweise sein zeitlicher Verlauf und seine Impulshöhe, und damit die umformende Wirkung des Wirkmediums auf den umzuformenden Rohling durch Veränderung der Charakteristik des

15 Druckspeichers und/oder durch Veränderung der Charakteristik des Druckventils beeinflusst werden kann. So kann z.B. durch Veränderung des Druckes und des Volumens des Druckmediums in dem Druckspeicher der Druckimpuls, aber auch der Volumenstrom des Druck-

20 medium in Richtung auf den Wirkbereich des Wirkmediums an dem unzuformenden Rohling beeinflusst werden. Weiterhin kann die Charakteristik des Druckspeichers durch den Vorspanndruck des Druckspeichers und/oder durch den Ladedruck des Ladeaggregats für

25 den Druckspeicher beeinflusst werden. Ebenfalls kann z.B. durch das Öffnungsverhalten des Druckventils, also etwa die Öffnungszeit bzw. Verschlusszeit, den Öffnungsverlauf oder dgl. der Druckimpuls und/oder der Volumenstrom des Druckmediums in weiten Grenzen beeinflusst werden. Hierzu kann z.B. der Beginn und das Ende der Öffnungszeit und/oder die Veränderung des

30 Öffnungsquerschnitts des Druckventils beeinflusst werden. Insbesondere beeinflusst das Öffnungsverhalten des Druckventils den Verlauf des Drucks des Wirkmediums im Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling.

**[0018]** Weiterhin ist es denkbar, dass das Umformverhalten des Werkstücks durch den vorab einstellbaren Fülldruck des Wirkmediums im Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling beeinflusst wird. So kann der Fülldruck des Wirkmediums z.B. so gewählt werden, dass

40 schon vor dem eigentlichen Druckimpuls eine nennenswerte Druckbelastung auf dem Rohling lastet und diesen Rohling schon vorab verformt oder die Spannungen in dem Rohling so groß sind, dass die eigentlich durch den Druckimpuls hervorgerufenen Spannungen eine besonders gute Verformbarkeit des Rohlings erlauben. Der Fülldruck kann somit schon einen Teil des Umformwiderstandes des Werkstoff des Rohlings überwinden.

**[0019]** In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist es denkbar, dass zwischen Druckspeicher und dem mit dem Wirkmedium beaufschlagten Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling ein Druckübersetzer, vorzugsweise ein in Richtung auf den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling hin verschiebbarer Plunger angeordnet wird. Ein solcher Druckübersetzer trennt dabei

50 das Druckmedium und das Wirkmedium voneinander und er wird von dem Druckmedium durch den Druckimpuls und den Volumenstrom an Druckmedium in Rich-

tung auf den Wirkbereich an dem Rohling verschoben. Hierbei kann durch ungleichförmige Wirkungsquerschnitte an dem Druckübersetzer auf der Seite des Druckmediums im Verhältnis zur Seite des Wirkmediums eine zusätzliche Druckerhöhung im Wirkmedium erreicht werden. Wenn ein solcher Druckübersetzer nicht vorgesehen wird, sind Druckmedium und Wirkmedium das gleiche Fluid und stehen in direkter Verbindung miteinander.

**[0020]** Für die Umformung rohrartiger hohler Rohlinge kann ein solcher Rohling beim Umformen mit einem hydraulisch betätigbaren Dichtstempel auf der dem Druckventil gegenüberliegenden Seite des rohrartigen hohen Rohlings in axialer Richtung vorgespannt werden. Hierbei ist nicht nur eine vorab einstellbare Druckerhöhung des Wirkmediums in dem Wirkbereich erreichbar, sondern der Druck in dem Wirkbereich kann auch während der Umformung des Rohlings durch den Druckimpuls weiter beeinflusst werden. So kann durch den hydraulisch betätigbaren Dichtstempel eine weitere Druckerhöhung innerhalb des Wirkbereichs erzielt werden oder die Wirkung des Dichtstempels wird abhängig von dem zeitlichen Ablauf der Umformung nachgeregelt.

**[0021]** Hierbei ist es in weiterer Ausgestaltung auch denkbar, dass der hydraulisch betätigte Dichtstempel hydraulisch gekoppelt von dem gleichen Druckmedium beaufschlagt wird, das bei Freigabe des Druckventils in Richtung auf den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verschoben wird. Hierzu kann der Dichtstempel hydraulisch leitend mit dem Druckmedium aus dem Druckspeicher beaufschlagt werden, so dass die zeitliche und funktionale Abstimmung der Druckimpulse direkt über das Wirkmedium und über den Dichtstempel in weiten Bereich aufeinander abstimmbare ist. Hierbei ist es weiterhin denkbar, dass die hydraulische Beaufschlagung des hydraulisch betätigbaren Dichtstempels zeitlich verzögert oder mit verändertem Druck erfolgt, etwa indem Verzögerungs- oder Druckregeleinheiten zwischengeschaltet werden.

**[0022]** Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, mit einem Druckerzeuger, mit dem ein Druckimpuls in einem Druckmedium erzeugt werden kann, wobei der Druckimpuls in einem Wirkbereich an einem umzuformenden Rohling befindliches hydraulisches Wirkmedium schlagartig beaufschlagt und das hydraulische Wirkmedium den umzuformenden Rohling zumindest bereichsweise in Richtung auf ein Umformwerkzeug hin beschleunigt. Eine derartige gattungsgemäße Vorrichtung wird dadurch weitergebildet, dass der Druckerzeuger einen Druckspeicher und ein schlagartig betätigbares Druckventil aufweist, die derart betätigbar sind, dass gleichzeitig mit dem Druckimpuls und/oder nach dem Druckimpuls derart hydraulisches Wirkmedium in den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verschoben und derart unter Druck in dem Wirkbereich gehalten wird, dass die Druckwirkung

des Wirkmediums den umzuformenden Rohling in dem Wirkbereich sicher an die formgebenden Oberflächen des Umformwerkzeugs anlegt. Eine solche Vorrichtung kann mittels handelsüblicher Industriehydraulik, etwa ei-

nen geeigneten Druckspeicher und ein übliches schnell betätigbares Druckventil, eine Bereitstellung des Druckimpulses ermöglichen, mit dem dann der Rohling beaufschlagt und umgeformt wird. Damit ist mittels handelsüblicher Industriehydraulik eine sichere und in weiten Bereichen gut steuerbare Erzeugung des benötigten Druckimpulses möglich, mit dem gleichzeitig ein entsprechender Volumenstrom des Druckmediums und damit auch des Wirkmediums den Rohling beaufschlagt und umformt. So wird der Einsatz schwer kontrollierbarer oder arbeitstechnisch unsicherer Druckerzeuger hierdurch vermieden, zudem können derartige Komponenten der Industriehydraulik einfach gesteuert und in vor- und nachgelagerte Bearbeitungsschritte steuerungstechnisch einfach integriert werden.

**[0023]** In einer ersten Ausgestaltung ist es denkbar, dass das Druckventil ein vorzugsweise elektrisch ansteuerbares Sitzventil, vorzugsweise ein Servoventil, mit großer Nennweite aufweist. Durch ein solches Druckventil kann das Öffnungs- und Schließverhalten des Druckventils in sehr weiten Grenzen beeinflusst werden, so dass sich eine Vielzahl von Druckverläufen des Druckmediums bei der Freigabe des Druckmediums aus dem Druckspeicher einstellen lässt und dadurch ebenfalls der Druck im Wirkmedium entsprechend beeinflusst wird.

Hierdurch lassen sich nahezu beliebige Druck-/Wegverläufe bei der Umformung erzeugen und hinsichtlich der erzielbaren Umformung optimieren.

**[0024]** Weiterhin ist es denkbar, dass der Druckspeicher als Blasenspeicher mit einer Gasfüllung ausgebildet ist. Ein solcher Blasenspeicher weist zwei mechanisch aufeinander einwirkende, voneinander flexibel getrennte Kammern einmal für ein erstes Fluid wie etwa ein Gas und zum anderen für das Druckmedium auf, wobei das erste Fluid wie etwa ein Gas durch z.B. eine Druckladeeinrichtung wie eine Druckpumpe sukzessive mit immer höherem Druck beaufschlagt wird. Hierdurch wird ebenfalls das zweite Medium, in diesem Fall das Druckmedium unter Druck gesetzt. Das Druckventil kann dann den so in dem Druckspeicher erzeugten hohen Druck schlagartig als Druckimpuls freigeben. Vorteilhaft ist es hierbei, dass der Druckspeicher mit einem leistungsmäßig mit geringer Ladeleistung arbeitenden Ladeaggregat gefüllt und unter Druck setzbar ist. Auch ist es hierbei denkbar, dass die Gasfüllung des Blasenspeichers zur Beeinflussung des Druckprofils veränderbar ist.

**[0025]** In weiterer Ausgestaltung ist es denkbar, dass zwischen Druckspeicher und dem Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling ein Druckübersetzer angeordnet ist, etwa als zwischen dem Druckspeicher und dem Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling angeordneter stößelartiger Plunger, vorzugsweise ein in Richtung auf den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling hin verschiebbarer Plunger, der auf der einen Seite

von dem Druckmedium und auf der Rohlingsseite von dem Wirkmedium beaufschlagt wird. Solche Plunger sind zur Trennung verschiedener Fluide grundsätzlich bekannt, wobei der Plunger auf seiner dem Druckventil zugeordneten Seite eine größere Wirkfläche als auf seiner dem Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling zugeordneten Seite aufweisen und dadurch kraftverstärkend wirken kann.

**[0026]** In diesem Zusammenhang ist es von besonderem Vorteil, wenn die Endlagen der Bewegung des stößelartigen Plungers durch einstellbare, vorzugsweise steuerbar einstellbare Anschläge vorgegeben wird. Hierdurch lässt sich das durch den Druckimpuls und den Volumenstrom des Druckmediums in Richtung auf den Wirkbereich des Wirkmediums verschobene Volumen des Wirkmediums genau einstellen und damit der Umformprozess sehr genau beeinflussen. Wird die Bewegung des Plungers während bzw. nach dem Druckimpuls genau beeinflusst, ergibt sich eine definierte Erzeugung des Druckverlaufs in dem Wirkbereich des Wirkmediums an dem Rohling und damit eine genau steuerbare und sichere Umformung des Rohlings in Bezug auf die Formflächen des Werkzeugs.

**[0027]** Hierbei ist es in weiterer Ausgestaltung denkbar, dass der stößelartige Plunger durch das Beaufschlagen des Wirkbereichs an dem umzuformenden Rohling mit Wirkmedium in seine bestimmungsgemäße Endlage vor der Umformung des umzuformenden Rohlings verschoben wird. Dieses Beaufschlagen des Wirkbereichs mit Wirkmedium kann z.B. durch einen Dichtstempel erfolgen, der einen hohlen Rohling endseitig abdichtet und durch den das Innere des hohlen Rohlings vorab mit Wirkmedium gefüllt wird. Da das im Inneren des hohlen Rohlings befindliche Wirkmedium auch den Plunger beaufschlagt, lässt sich dieser auf diese Weise in seine eine Endlage verschieben.

**[0028]** Weiterhin ist es denkbar, dass mehr als ein Druckspeicher und jeweils ein zugeordnetes Druckventil vorgesehen sind, wobei die Druckspeicher im Wechsel gefüllt und zur Freisetzung des Druckimpulses benutzt werden. Hierdurch lässt sich die Taktzeit einer solchen Vorrichtung deutlich verringern, da immer ein Druckspeicher aufgeladen werden kann, während der andere Druckspeicher gerade für den Umformtakt benutzt wird. Dies kann z.B. dadurch erreicht werden, dass die mehreren Druckspeicher fluidisch mit der gleichen Zuleitung für das Druckmedium in Richtung auf den Wirkbereich an dem umzuformenden Rohling verbunden sind und immer nur der jeweils für die Umformung aktive Druckspeicher in fluidischer Verbindung mit der Zuleitung steht, während die anderen Druckspeicher durch die zugeordneten Druckventile gegenüber der Zuleitung abgetrennt sind.

**[0029]** Weiterhin ist es denkbar, dass die Vorrichtung zur Blechumformung und/oder zur Massivumformung nutzbar ist. So kann bei der Blechumformung sowohl ein ebener oder nicht-geschlossen gekrümmter Rohling durch ein mit dem Rohling in fluiddichter Verbindung ste-

hender Wirkbereich der Vorrichtung mit Wirkmedium beaufschlagt und gegen die entsprechend angeordneten Wandungen eines Werkzeugs gepresst werden, wodurch sich die entsprechenden Abschnitte der Wandungen des Rohlings an die Form der Wandungen eines Werkzeugs anlegen. Auch ist es denkbar, einen massiven Rohling auf entsprechende Weise zu verformen.

**[0030]** Weiterhin ist es denkbar, die Vorrichtung an Folgeverbundwerkzeuge anzubauen und/oder in Folgeverbundwerkzeuge zu integrieren, da die gerätetechnischen Anforderungen an die Vorrichtung moderat und deren steuerungstechnische Integration in angrenzende Fertigungseinrichtungen durch die Verwendung herkömmlicher Industriehydraulik einfach ist.

**[0031]** Weiterhin kann beim Umformen von Rohren auf der dem Plunger gegenüberliegenden Seite des hohlen rohrförmigen Rohlings ein hydraulisch betätigbarer Dichtstempel angeordnet sein, durch den der rohrartige Rohling in axialer Richtung vorspannbar ist. Dieser hydraulisch betätigbare Dichtstempel kann über einen separaten Druckspeicher betätigt werden, der statisch arbeitet oder ebenfalls einen sehr schnellen Druckimpuls auf den Dichtstempel ausüben kann. In besonders vorteilhafter Weise kann der hydraulisch betätigbare Dichtstempel hydraulisch gekoppelt von dem Druckmedium beaufschlagt werden, das bei Freigabe des Druckventils in Richtung auf das Innere des hohlen umzuformenden Rohlings verschoben wird. Hierdurch lässt sich neben der Erzeugung des Dichtdrucks, die vorteilhaft separat

über eine eigene Druckerzeugung für den Dichtstempel erfolgen wird, der Druck des Druckmediums nutzen, um die Umformung des Rohlings durch die Wirkung des Dichtstempels zusätzlich zu beeinflussen. So kann z.B. der Dichtstempel durch die quasi zeitgleiche Druckerhöhung auf den Dichtstempel weitere Volumenströme des Wirkmediums hervorrufen oder das Wirkmedium zusätzlich, auch zeitversetzt etwa durch Verwendung entsprechender Zeitglieder unter Druck setzen.

**[0032]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt die Zeichnung.

**[0033]** Es zeigen:

Figur 1 - in einer sehr schematischen Übersicht den grundsätzlichen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Druckspeicher, einem Druckventil und einem Dichtzylinder zur Innenhochdruckumformung eines rohrartigen Rohlings in einem zweiteiligen Werkzeug,

Figur 2 - eine Variante der Ausgestaltung der Vorrichtung gemäß Figur 1 mit einem zwischengeschalteten Druckübersetzer zwischen Druckmedium und Wirkmedium im unbetätigten Zustand,

Figur 3 - die Vorrichtung gemäß Figur 2 im betätigten

Zustand,

Figur 4 - eine Variante der Vorrichtung gemäß Figur 2 mit elektromotorisch verstellbaren Anschlägen für den Druckübersetzer,

Figur 5 - eine Variante der Vorrichtung gemäß Figur 2 mit zwei parallel arbeitsfähigen Druckspeichern und Druckventilen, die wechselweise auf den gleichen Druckübersetzer einwirken,

Figur 6 - eine Variante der Vorrichtung gemäß Figur 2 mit einem eigenständigen Impulsgeber in Form eines Druckspeichers für die Betätigung eines Dichtstempels,

Figur 7 - eine Variante der Vorrichtung gemäß Figur 6, bei der das Druckmedium des ersten Druckspeichers fluidisch leitend auch für die Betätigung eines Dichtstempels genutzt wird.

**[0034]** In der Figur 1 ist in einer sehr schematischen Übersicht den grundsätzlichen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 mit einem Druckspeicher 2, einem Druckventil 3 und einem Dichtzylinder 19 zur Innenhochdruckumformung eines rohrartigen Rohlings 5 in einem zweiteiligen Werkzeug 6 dargestellt und dessen grundsätzliche Funktion erkennbar. Dieser grundsätzliche Aufbau der Vorrichtung 1 hat eine Reihe von Übereinstimmungen mit konventionellen Vorrichtungen zur Durchführung des Innenhochdruckumformens, so dass hier vornehmlich auf die Unterschiede der erfindungsgemäßen Vorrichtung abgestellt und diese erläutert werden sollen.

**[0035]** Der Druckspeicher 2 ist hier als eine bevorzugte Ausgestaltung als zweikammeriger Blasenspeicher ausgebildet, wobei ein erstes Teilvolumen 10 mit einem Gasvolumen 17 aus einem Gasvorrat 9, wie etwa einem Vorrat von Stickstoff, gefüllt werden kann. Das Druckprofil kann durch eine entsprechende Variation der Stickstofffüllung in dem Druckspeicher 2 beeinflusst werden. Dieses Teilvolumen 10 ist durch eine Membran 23 von einem zweiten Teilvolumen 11 zur Bevorratung eines Druckmediums 12 abgetrennt, das aus einem separaten Reservoir 24 über eine nicht weiter erläuterte Füllvorrichtung 14 und einen Kanal in einem Ventilkörper 15 des Druckventils 3 gefüllt werden kann. Das Teilvolumen 11 des Druckspeichers 2 steht dabei in fluidleitender Verbindung mit einem Druckventil 3, bestehend aus dem Ventilkörper 15 und einem Ventil 25. Ein solches Druckventil 3 kann in verschiedenster Bauform realisiert werden, daher werden hier nur die zueinander beweglichen Bauteile Ventilkörper 15 und Ventil 25 angedeutet. Charakteristisch für das Druckventil 3 ist hingegen die Möglichkeit, das Druckventil 3 in sehr kurzer Zeit zu öffnen und zu schließen, um den Druck des Druckmediums 12 in dem Teilvolumen 11 wie nachfolgend noch näher beschrieben in Richtung auf das Innere des Rohlings 5 zu leiten.

Vorteilhaft ist die Ausbildung des Druckventils 3 als Sitzventil großer Nennweite oder entsprechendes Servovenstil.

**[0036]** Öffnet das Druckventil 3 schlagartig, wie dies für eine konstruktiv etwas andere Ausgestaltung etwa in der Figur 3 zu erkennen ist, wird die Passage des Druckmediums 12 durch den Ventilkörper 15 zu einer fluiddicht an dem Ventilkörper 15 angeordneten Verbindungsleitung 4 geöffnet und das Druckmedium 12 kann in die Bohrung 16 der Verbindungsleitung 4 gelangen. Für diesen einfachen Fall des Aufbaus der Vorrichtung gemäß Figur 1 ist das Druckmedium 12 gleich dem wie später beschrieben getrennten Wirkmedium 13, das aus der Verbindungsleitung 4 und einen Dichtaufsatz 8 in das Innere des hier hohlen und umzuformenden Rohlings 5 gelangt.

**[0037]** Der Rohling 5, der Einfachheit halber hier röhrförmig mit einer sickenartigen Erweiterung dargestellt, soll in diesem einfachen Fall mittels IHU aufgeweitet werden und wird zu diesem Zweck durch das Wirkmedium 13 gegen die beiden Hälften 6 eines formgebenden Werkzeugs gepresst, so dass es die Form und die Oberflächenstrukturierung der beiden Hälften 6 des Werkzeugs annimmt.

**[0038]** An dem dem Dichtaufsatz 8 gegenüberliegenden Ende des Rohlings 5 wird die dort vorliegende Öffnung des Rohlings 5 in grundsätzlich bekannter Weise durch einen Dichtstempel 7 eines Dichtzylinders 19 abgedichtet, der mittels Druckbeaufschlagung einer nicht weiter relevanten fluiden Mediums über eine Füllvorrichtung 14 gegen das offene Ende des Rohlings 5 gepresst wird. Vor dem Umformen des Rohlings 5 wird über eine mit dem Endbereich des Dichtstempels 7 in fluidleitender Weise angeordneten und verbundenen Füllvorrichtung 14 Wirkmedium 13 in das Innere des Rohlings 5 eingefüllt und ggf. schon unter einen erhöhten Fülldruck gesetzt.

**[0039]** Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 lässt sich etwa wie folgt beschreiben:

40 Zunächst wird das Teilvolumen 10 des Druckspeichers 2 mit dem Gas 17 aus dem nur schematisch angedeutet Gasvorrat 9 gefüllt und unter sukzessive unter hohen Druck gesetzt. Hierbei kann die Antriebsleistung dieser Pumpvorrichtung 14 relativ klein sein, da das Gas 17 in dem Teilvolumen 10 die zugeführten Druckunterschiede quasi speichert. Durch die sukzessive Druckerhöhung in dem komprimierbaren Gas 17 in dem Teilvolumen 10 kommt auch das über die Membran 23 belastete Druckmedium 12 in dem Teilvolumen 11 des Druckspeichers 2 unter zunehmendem Druck, wobei das vorteilhaft als Flüssigkeit ausgebildete Druckmedium 12 im Gegensatz zu dem Gas 17 nicht nennenswert kompressibel ist.

55 **[0040]** Wird nun durch die Öffnungscharakteristik und den großen Öffnungsquerschnitt des Druckventils 3 das so unter hohem Druck gesetzte Teilvolumen 11 des

Druckmediums 12 quasi schlagartig freigegeben, so kann das Druckmedium 12 impulsartig über die Bohrung 16 der Verbindungsleitung 4 und den Dichtaufsatz 8 in das Innere des Rohlings 5 strömen und das dort vorher wie beschrieben eingefüllte Wirkmedium 13 ebenfalls unter diesen Druck setzen. Die Wandungen des Rohlings 5 werden dadurch impulsartig in Richtung auf die Hälften 6 des Werkzeugs hin beschleunigt und gegen diese prallen. Hierdurch formen sich die Wandungen des Rohlings 5 entsprechend den formgebenden Wandungen der Hälften 6 des Werkzeugs und bilden damit die umgeformte Konfiguration des Rohlings 5. Dadurch wird das Druckmedium 12 beschleunigt und das Wirkmedium 13 im Inneren des Rohlings 5 wird komprimiert. Da der Rohling 5 umgeformt wird, erfolgt eine schnelle Volumenverschiebung von Wirkmedium im Werkzeug. Dies führt zu einer Ausformung des Rohlings 5 in den beiden Hälften 6 des Werkzeugs.

**[0041]** Anders als bei der bekannten reinen Impulsumformung, die nur durch den sehr kurzzeitigen Druckimpuls zu einer Beschleunigung der Wandungen des Rohlings 5 in Richtung auf die Hälften 6 des Werkzeugs sorgen kann, wird bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ein deutlicher Volumenstrom des Druckmediums 12 von dem Druckspeicher 2 in das Innere des Rohlings 5 verschoben und kann bis zur endgültigen und sicheren Ausformung der Sollkontur des umgeformten Rohlings 5 auch in dem Inneren des Rohlings 5 verbleiben, etwa indem das Druckventil 3 ebenfalls schlagartig wieder verschlossen wird.. Die Umformung des Rohlings 5 erfolgt dabei schlagartig durch das verdrängte Wirkmedium 13, welches sich in der Rohling 5 befunden hat.

**[0042]** Auf diese Weise können schlagartig große Volumenströme von Druckmedium 12/Wirkmedium 13 und Druckwellen erzeugt werden, die alle Vorteile ermöglichen, die auch bei anderen Hochgeschwindigkeitsumformverfahren bestehen. Das erfindungsgemäße Verfahren verbindet quasi die Vorteile der bekannten langsamem Innenhochdruckumformung mit den Vorteilen der Impulsumformung und vermeidet dabei die Nachteile der unsicheren Ausformung der Fertigteilgeometrie des umgeformten Rohlings 5, die bei der bisher bekannten Impulsumformung zu Problemen geführt hat. Durch die definierte Aufladung des Druckspeichers 2 und die definierter Ansteuerung des Druckventils 3 ist zudem eine einfache Einbindung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 in Steuerungen und eine gute Regelbarkeit und Reproduzierbarkeit des Umformprozesses gegeben.

**[0043]** Diese sehr einfache Ausgestaltung der grundlegenden Vorrichtung 1 kann nun z.B. gemäß Figuren 2 und 3 dadurch modifiziert werden, dass zwischen den Druckspeicher 2 und der Rohling 5 ein Druckübersetzer 18 in Form eines Plungers vorgesehen wird. Ein solcher Druckübersetzer 18 ist ein gegenüber der Bohrung 16 der Verbindungsleitung 4 fluiddicht abgedichteter Plunger 18, der leicht verschieblich in der Bohrung 16 der Verbindungsleitung 4 verschiebbar ist. Dabei wird ein Ende des Plungers 18 von dem Druckmedium 12 und die

andere Seite des Plungers 18 von dem Wirkmedium 13 beaufschlagt, wobei der Plunger 18 Druckmedium 12 und Wirkmedium 13 aber voneinander trennt. Druckmedium 12 und Wirkmedium 13 können daher auch unterschiedliche Fluide sein. Ebenfalls kann der Druckübersetzer 18 unterschiedliche Abmessungen der Kontaktflächen für Druckmedium 12 und Wirkmedium 13 aufweisen, so dass der Druck im Druckmedium 12 flächenproportional erhöhend auf das Wirkmedium 13 übertragen wird.

**[0044]** In der Figur 2 ist die Vorrichtung 1 mit dem zwischengeschalteten Druckübersetzer 18 zwischen Druckmedium 12 und Wirkmedium 13 im unbetätigten Zustand und in der Figur 3 im betätigten Zustand dargestellt. In der Figur 2 ist der Plunger 18 in seiner Anfangsstellung vor der Druckbeaufschlagung bei geschlossenem Ventil 3 zu erkennen, wohingegen die Figur 3 den Plunger 18 in seiner relativ zur Stellung gemäß Figur 2 nach rechts verschobenen Endlage und bei geöffnetem Druckventil 3 zeigt. Auch ist hierbei in der Figur 3 der Dichtstempel 7 gegen das offene Ende des umgeformten Rohlings 5 gedrückt und damit diese Öffnung abdichtend dargestellt.

**[0045]** Gemäß Figur 4 kann in einer weiteren Variante durch eine Hubbegrenzung des Plungers 18 die genaue Fördermenge des Druckmediums 12 aus dem Druckspeicher 2 eingestellt werden. Hierzu wird in der Bohrung 16 der Verbindungsleitung 4 ein über einen z.B. elektromotorischen Stellantrieb 21 verstellbarer Anschlag 20 vorgesehen, der in definierte Stellungen verfahrbar ist und gegen den der Plunger 18 bei der Druckbeaufschlagung durch das Druckmedium 12 anschlägt. Dieser Anschlag 20 kann aufgrund seines Antriebs 21 auch zur Rückstellung des Plungers 18 in seine Ausgangslage genutzt werden. Weiterhin kann der Druckimpuls über die Speicherparameter genau definierbar sein. Dies ermöglicht die Einstellung genauer reproduzierbarer Umformparameter, die bei anderen HGU-Verfahren bisher nicht möglich war.

**[0046]** Die Figur 5 zeigt eine Variante der Vorrichtung 1 gemäß Figur 2 mit zwei parallel arbeitsfähigen Druckspeichern 2, 2' und Druckventilen 3, 3', die wechselweise auf den gleichen Druckübersetzer 18 einwirken. Hierzu wird die vorstehend beschriebene Einheit aus Druckspeicher 2 und Druckventil 3 quasi doppelt oder (nicht weiter dargestellt) mehrfach ausgebildet und der jeweils durch Öffnen eines Druckventils 3 abgegebene Volumenstrom des Druckmediums 12 wird in einen gemeinsamen Zuleitungskanal 26 geleitet, der dann in der beschriebenen Form fluidleitend in die Verbindungsleitung 4 übergeht. Somit kann während des Ladevorgangs der einen Kombination aus Druckspeicher 2/Druckventil 3 die andere Kombination aus Druckspeicher 2'/Druckventil 3' zur Umformung eines Rohlings 5 benutzt werden, im Anschluss daran wechselt dann die jeweilige Betriebsweise. Hierdurch ist eine schnellere Schussfolge möglich und damit eine höhere Taktrate der Vorrichtung 1.

**[0047]** In der Figur 6 ist eine Variante der Vorrichtung

1 gemäß Figur 2 mit einem eigenständigen Impulsgeber in Form eines Druckspeichers 2' für die Betätigung eines Dichtstempels 7 zu erkennen. Durch den hohlgebohrten Dichtstempel 7 erfolgt wie schon beschrieben die Befüllung des Innenraums des umzuformenden Rohlings 5 mit Wirkmedium 13. Neben einer statischen Anpressung des Dichtstempels 7 durch Zuführung von Druck aus einem Reservoir 14 in den einen Arbeitsraum des Zylinders 19 kann der gleiche Arbeitstraum des Zylinders 19 aber auch mit einer eigenständigen Druckversorgung aus dem Druckspeicher 2' ausgestattet werden. Hierdurch kann mittels des Zylinders 19 der Rohling 5 auch axial, ggf. auch schlagartig oder mit vorgebarem veränderlichen Druckverlauf, vorgespannt werden, was einen Nachschiebeeffekt wie beim statischen Innenhochdruckumformen ermöglicht und so die Prozessgrenzen nochmals erweitern kann.

**[0048]** Die Figur 7 zeigt eine Variante der Vorrichtung 1 gemäß Figur 6, bei der dieser Gedanke der anpassbaren Vorspannung des Wirkmediums 13 im Inneren des umzuformenden Rohlings 5 weiter geführt wird und dazu das Druckmedium 12 des ersten Druckspeichers 2 fluidisch leitend auch für die Betätigung des Dichtstempels 7 genutzt wird. Hierzu verbindet eine Fluidleitung 22, ggf. über eine Drossel oder ein Rückschlagventil abgesichert, den Bereich in Strömungsrichtung hinter dem Druckventil 3 mit dem Dichtzylinder 19 des Dichtstempels 7. Somit wird ein schlagartiger Druckaufbau sowohl wie vorstehend beschrieben über die Verbindungsleitung 4 als auch über den Dichtstempel 7 auf das Wirkmedium 13 im Inneren des Rohlings 13 aufgebaut, ohne dass keine zusätzliche Fluidversorgung und eine eigene Druckerhöhungseinrichtung wie bei der Variante gemäß Figur 6 notwendig wird. Auch ist dadurch die zeitliche Synchronisation des Druckaufbaus auf beiden Wege einfacher.

- 10 - Teilvolumen Druckspeicher für Gasvolumen
- 11 - Teilvolumen Druckspeicher für Druckmedium
- 5 12 - Druckmedium
- 13 - Wirkmedium
- 10 14 - Füllvorrichtung
- 15 - Ventilkörper
- 16 - Bohrung Verbindungsleitung
- 15 17 - Gasvolumen
- 18 - Druckübersetzer/Plunger
- 19 - Dichtzylinder
- 20 20 - Anschlag
- 21 - Verstellantrieb Anschlag
- 25 22 - Fluidleitung
- 23 - Membran
- 24 - Reservoir
- 30 25 - Ventil
- 26 - Zuleitungskanal
- 35 27 - Wirkbereich

#### Sachnummernliste

#### **[0049]**

- 1 - Vorrichtung
- 2 - Druckspeicher
- 3 - Ventil
- 4 - Verbindungsleitung
- 5 - Rohling
- 6 - Werkzeughälfte
- 7 - Dichtkolben
- 8 - Dichtaufsatz
- 9 - Gasvorrat

#### **Patentansprüche**

- 40 1. Verfahren zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen, bei dem ein in einem Wirkbereich (27) an einem umzuformenden Rohling (5) befindliches hydraulisches Wirkmedium (13) mit einem Druckimpuls schlagartig beaufschlägt wird und das hydraulische Wirkmedium (13) den umzuformenden Rohling (5) zumindest bereichsweise in Richtung auf ein Umformwerkzeug (6) hin beschleunigt,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- 45 gleichzeitig mit dem Druckimpuls und/oder nach dem Druckimpuls derart hydraulisches Wirkmedium (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verschoben und derart unter Druck in dem Wirkbereich (27) gehalten wird, dass die Druckwirkung des Wirkmediums (13) den umzuformenden Rohling (5) in dem Wirkbereich (27) sicher an die formgebenden Oberflächen des Umformwerkzeugs (6) anlegt.
- 50
- 55

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wirkmedium (13) in das Innere des hohlen umzuformenden Rohlings (5) verschoben und innerhalb des Rohlings (5) gehalten wird oder das Wirkmedium (13) in einen abgeschlossenen Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verschoben und in diesem Wirkbereich (27) des Rohlings (5) gehalten wird.
3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzeugung des Druckimpulses und die Verschiebung von Wirkmedium (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) mittels konventioneller hydraulischer Komponenten erfolgt.
4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzeugung des Druckimpulses mittels eines vorab aufladbaren Druckspeichers (2, 2') erfolgt.
5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzeugung des Druckimpulses und die Verschiebung von Wirkmedium (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) mittels eines schlagartig öffnenden Druckventils (3) erfolgt, wobei insbesondere das Druckventil (3) nach der Weiterleitung des Druckmediums (12) in sehr kurzer Zeit wieder geschlossen wird.
6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckimpuls, vorzugsweise sein zeitlicher Verlauf und seine Impulshöhe, und damit die umformende Wirkung des Wirkmediums (13) auf den umzuformenden Rohling (5) durch Veränderung der Charakteristik des Druckspeichers (2) und/oder durch Veränderung der Charakteristik des Druckventils (3) beeinflusst werden kann, insbesondere die Charakteristik des Druckspeichers (2) durch die Menge des Druckmediums (12), mit dem der Druckspeicher (2) vor dem Druckimpuls sukzessive gefüllt wird, und/oder durch den Vorspanndruck des Druckspeichers (2) und/oder durch den Ladedruck des Ladeaggregats (9) für den Druckspeicher (2) beeinflusst wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Charakteristik des Druckventils (2) durch sein Öffnungsverhalten, insbesondere durch den Beginn und das Ende der Öffnungszeit und/oder die Veränderung des Öffnungsquerschnitts beeinflusst wird, insbesondere das Öffnungsverhalten des Druckventils (2) den Volumenstrom des Wirkmediums (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) und den Verlauf des Drucks des Wirkmediums (13) im Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) beeinflusst.
8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformverhalten des Rohlings (5) durch den vorab einstellbaren Fülldruck des Wirkmediums (13) im Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) beeinflusst wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Druckspeicher (2) und dem mit dem Wirkmedium (13) beaufschlagten Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) ein Druckübersetzer (18), vorzugsweise ein in Richtung auf den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) hin verschiebbarer Plunger (18) angeordnet wird.
10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein rohrartiger hohler Rohling (5) beim Umformen mit einem hydraulisch betätigbaren Dichtstempel (7) auf der dem Druckventil (3) gegenüberliegenden Seite des rohrartigen hohlen Rohlings (5) in axialer Richtung vorgespannt wird.
11. Verfahren gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulisch betätigbare Dichtstempel (7) hydraulisch gekoppelt von dem Druckmedium (13) beaufschlagt wird, das bei Freigabe des Druckventils (2) in Richtung auf den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verschoben wird, insbesondere die hydraulische Beaufschlagung des hydraulisch betätigbaren Dichtstempels (7) zeitlich verzögert oder mit veränderten Druck erfolgt.
12. Vorrichtung (1) zum hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Hochdruckumformen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, mit einem Druckerzeuger, mit dem ein Druckimpuls in einem Druckmedium (12) erzeugt werden kann, wobei der Druckimpuls in einem Wirkbereich (27) an einem umzuformenden Rohling (5) befindliches hydraulisches Wirkmedium (13) schlagartig beaufschlagt und das hydraulische Wirkmedium (13) den umzuformenden Rohling (5) zumindest bereichsweise in Richtung auf ein Umformwerkzeug (6) hin beschleunigt,
- dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckerzeuger einen Druckspeicher (2) und ein schlagartig betätigbares Druckventil (3) aufweist, die derart betätigbar sind, dass gleichzeitig mit dem Druckimpuls und/oder nach dem Druckimpuls derart hydraulisches Wirkmedium (13) in den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verschoben und derart unter Druck in dem Wirkbereich (27) gehalten wird, dass die Druckwirkung des Wirkme-

- diums (13) den umzuformenden Rohling (5) in dem Wirkbereich (27) sicher an die formgebenden Oberflächen des Umformwerkzeugs (6) anlegt.
- 13.** Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckventil (3) ein vorzugsweise elektrisch ansteuerbares Sitzventil, vorzugsweise ein Servoventil, mit großer Nennweite aufweist. 5
- 14.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckspeicher (2) mit einem leistungsmäßig mit geringer Ladeleistung arbeitenden Ladeaggregat (9) gefüllt und unter Druck setzbar ist. 10
- 15.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckspeicher (2) als Blasenspeicher mit einer Gasfüllung (17) ausgebildet ist, insbesondere die Gasfüllung des Blasenspeichers (2) zur Beeinflussung des Druckprofils veränderbar ist. 15
- 16.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Druckspeicher (2) und dem Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) ein Druckübersetzer (18) angeordnet ist, insbesondere zwischen dem Druckspeicher (2) und dem Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) ein stößelartiger Plunger (18), vorzugsweise ein in Richtung auf den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) hin verschiebbarer Plunger (18), angeordnet ist, der auf der einen Seite von dem Druckmedium (12) und auf der Rohlingsseite von dem Wirkmedium (13) beaufschlagt wird. 20
- 17.** Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plunger (18) auf seiner dem Druckventil (2) zugeordneten Seite eine größere Wirkfläche als auf seiner dem Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) zugeordneten Seite aufweist und dadurch kraftverstärkend wirkt. 25
- 18.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stößelartige Plunger (18) durch das Beaufschlagen des Wirkbereichs (27) an dem umzuformenden Rohling (5) mit Wirkmedium (13) in seine bestimmungsgemäß Endlage vor der Umformung des umzuformenden Rohlings (5) verschoben wird. 30
- 19.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehr als ein Druckspeicher (2, 2') und jeweils ein zugeordnetes Druckventil (3, 3') vorgesehen sind, wobei die Druckspeicher (2, 2') im Wechsel gefüllt und zur Freisetzung des Druckimpulses benutzt werden, insbesondere die mehreren Druckspeicher (2, 2') fluidisch mit der gleichen Zuleitung (26) für das Druckmedium (12) in Richtung auf den Wirkbereich (27) an dem umzuformenden Rohling (5) verbunden sind. 35
- 20.** Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Umformen von Rohren auf der dem Plunger (18) gegenüberliegenden Seite des hohlen rohrförmigen Rohlings (5) ein hydraulisch betätigbarer Dichtstempel (7) angeordnet ist, durch den der rohrartige Rohling (5) in axialer Richtung vorspannbar ist, insbesondere der hydraulisch betätigbare Dichtstempel (7) über einen separaten Druckspeicher (2) betätigbar ist, der ebenfalls einen sehr schnellen Druckimpuls auf den Dichtstempel (7) ausübt oder der hydraulisch betätigbare Dichtstempel (7) hydraulisch gekoppelt von dem Druckmedium (12) beaufschlagbar ist, das bei Freigabe des Druckventils (2) in Richtung auf das Innere des hohlen umzuformenden Rohlings (5) verschoben wird. 40
- 50**
- 55**

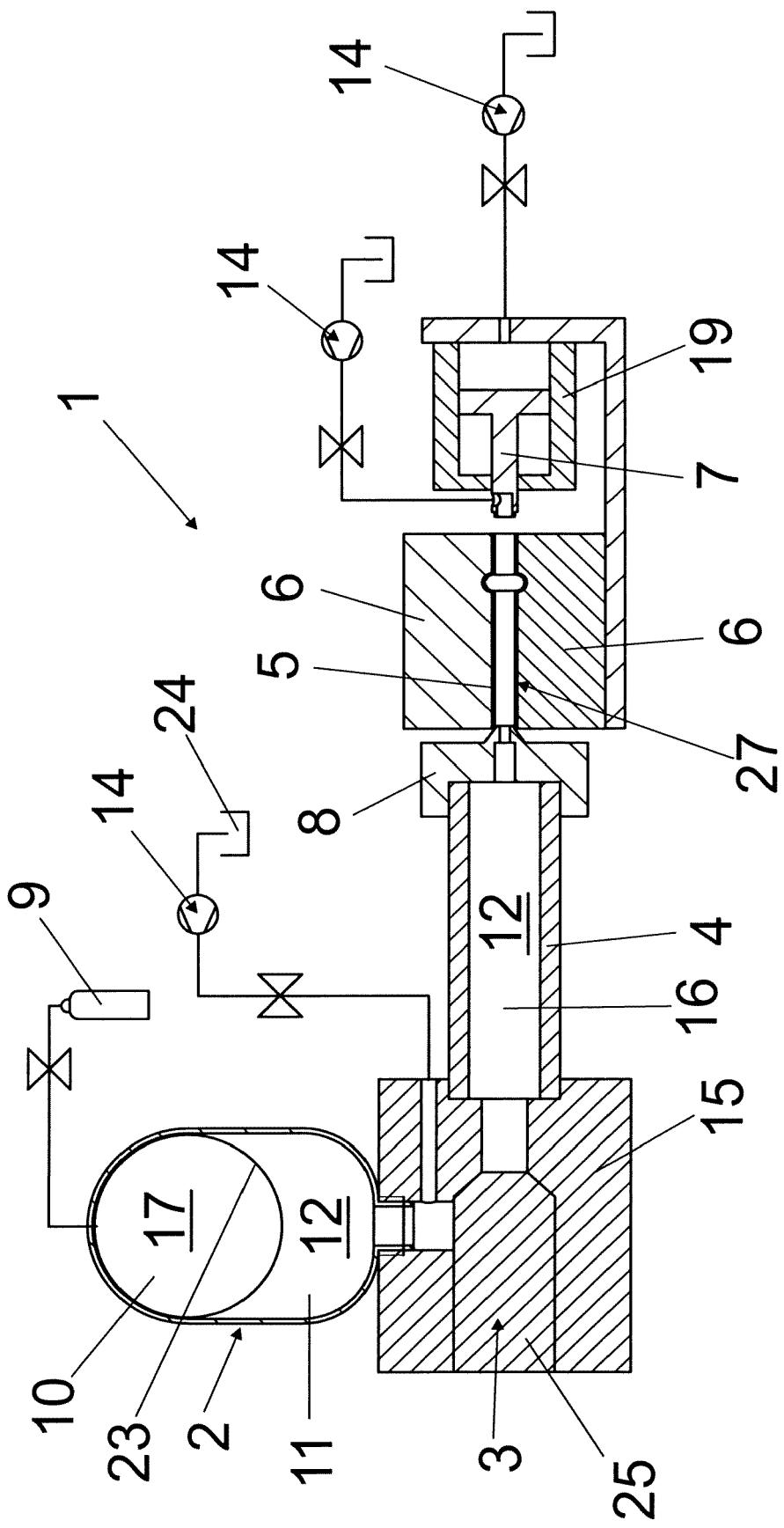
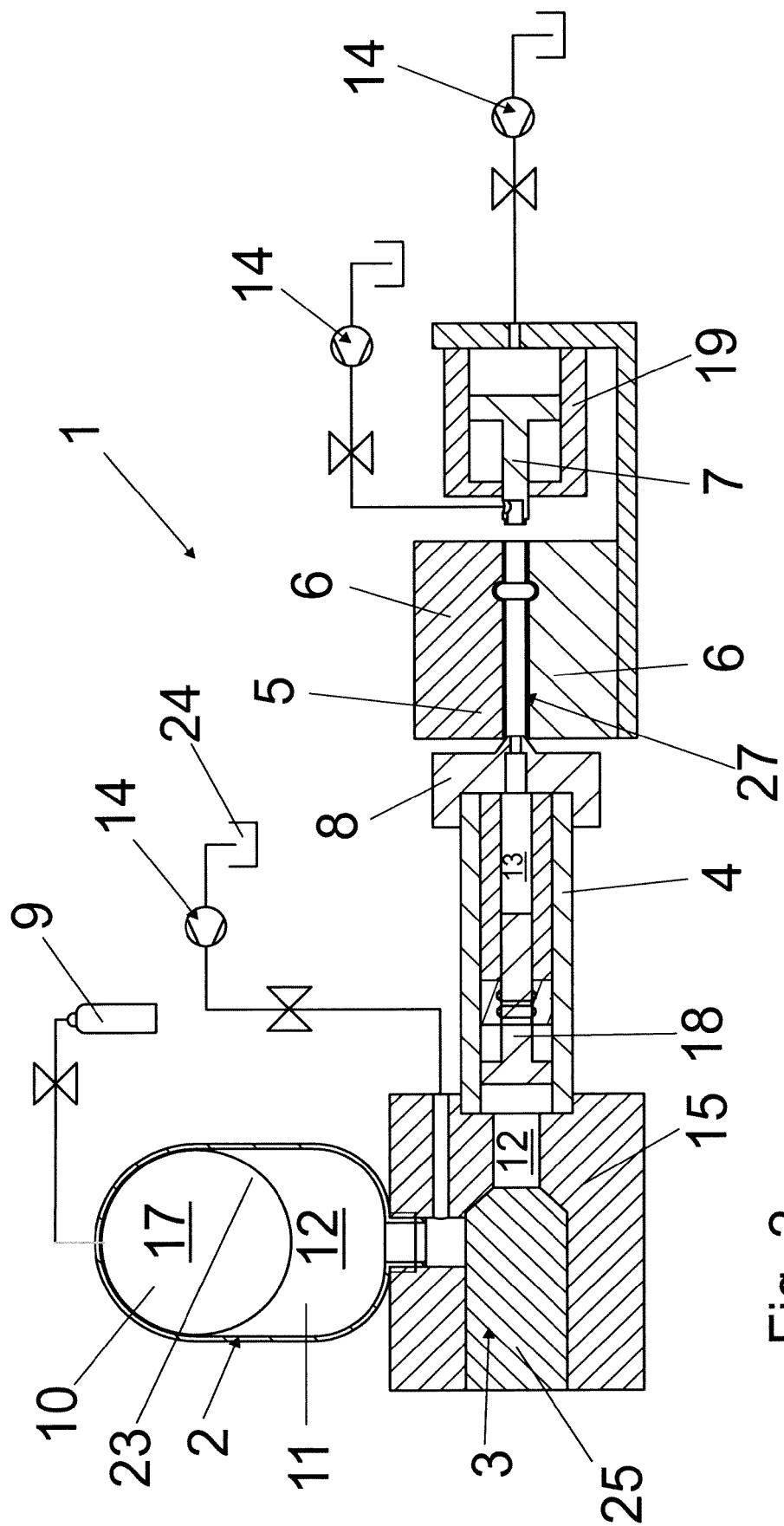


Fig.



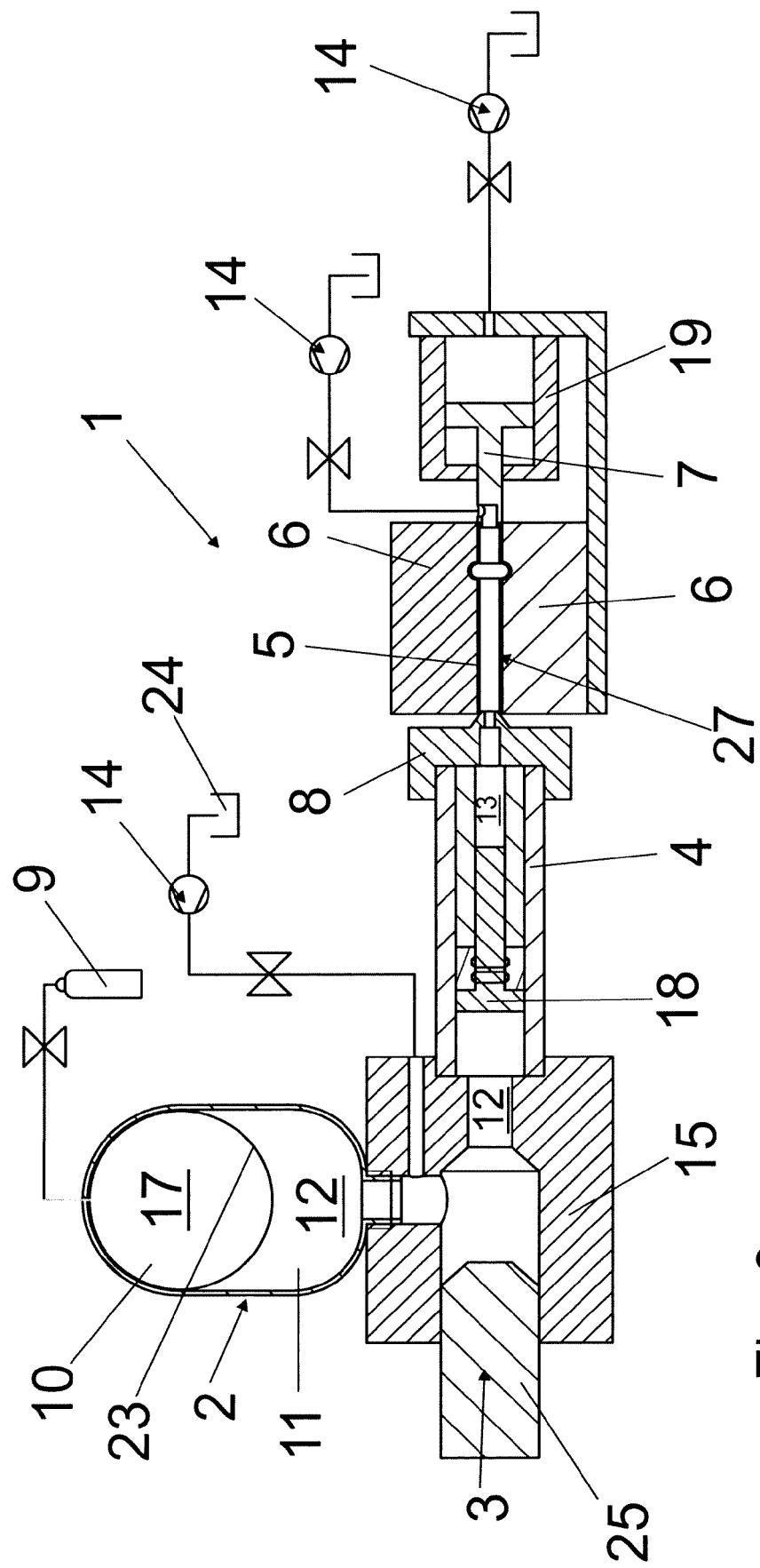


Fig. 3

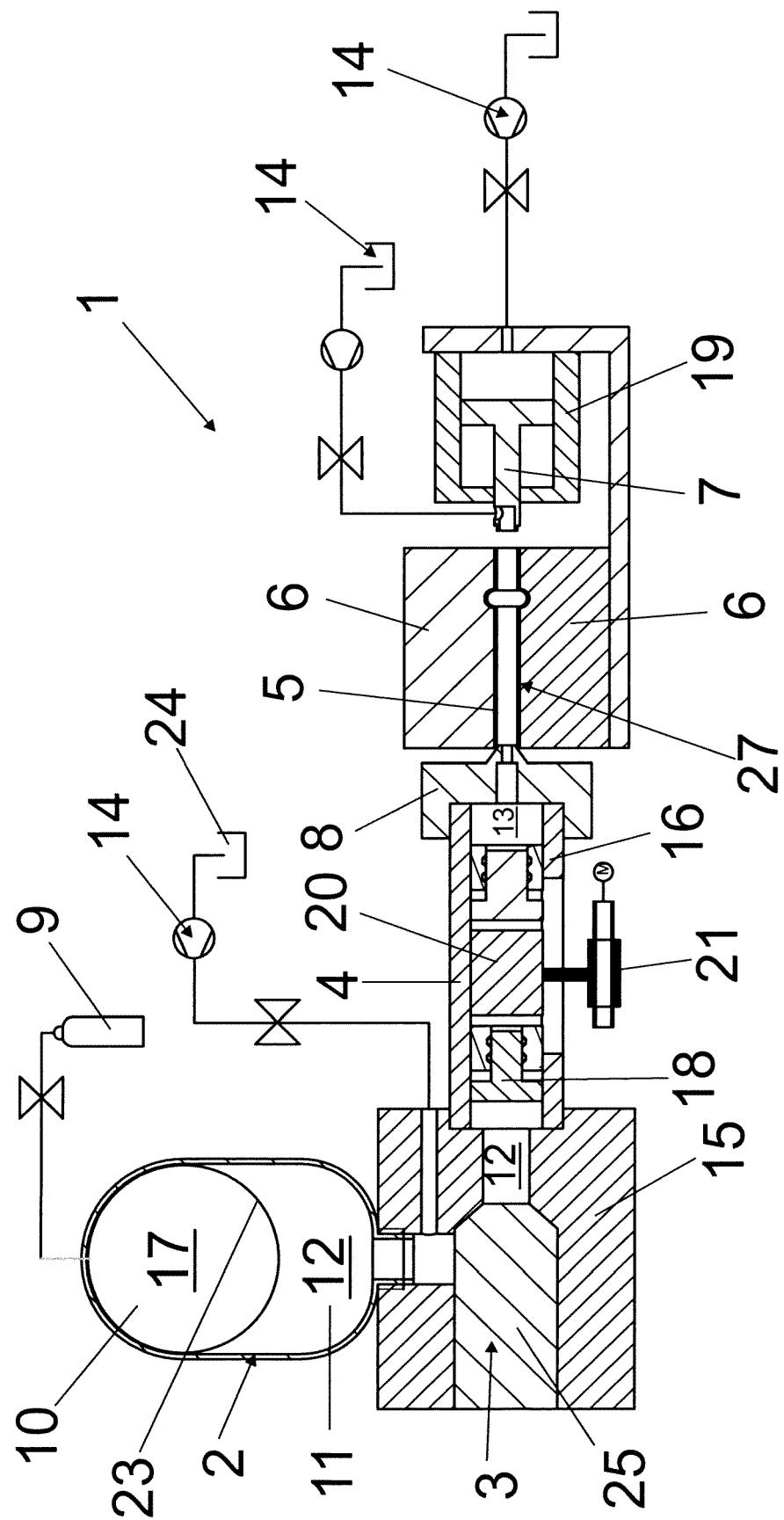
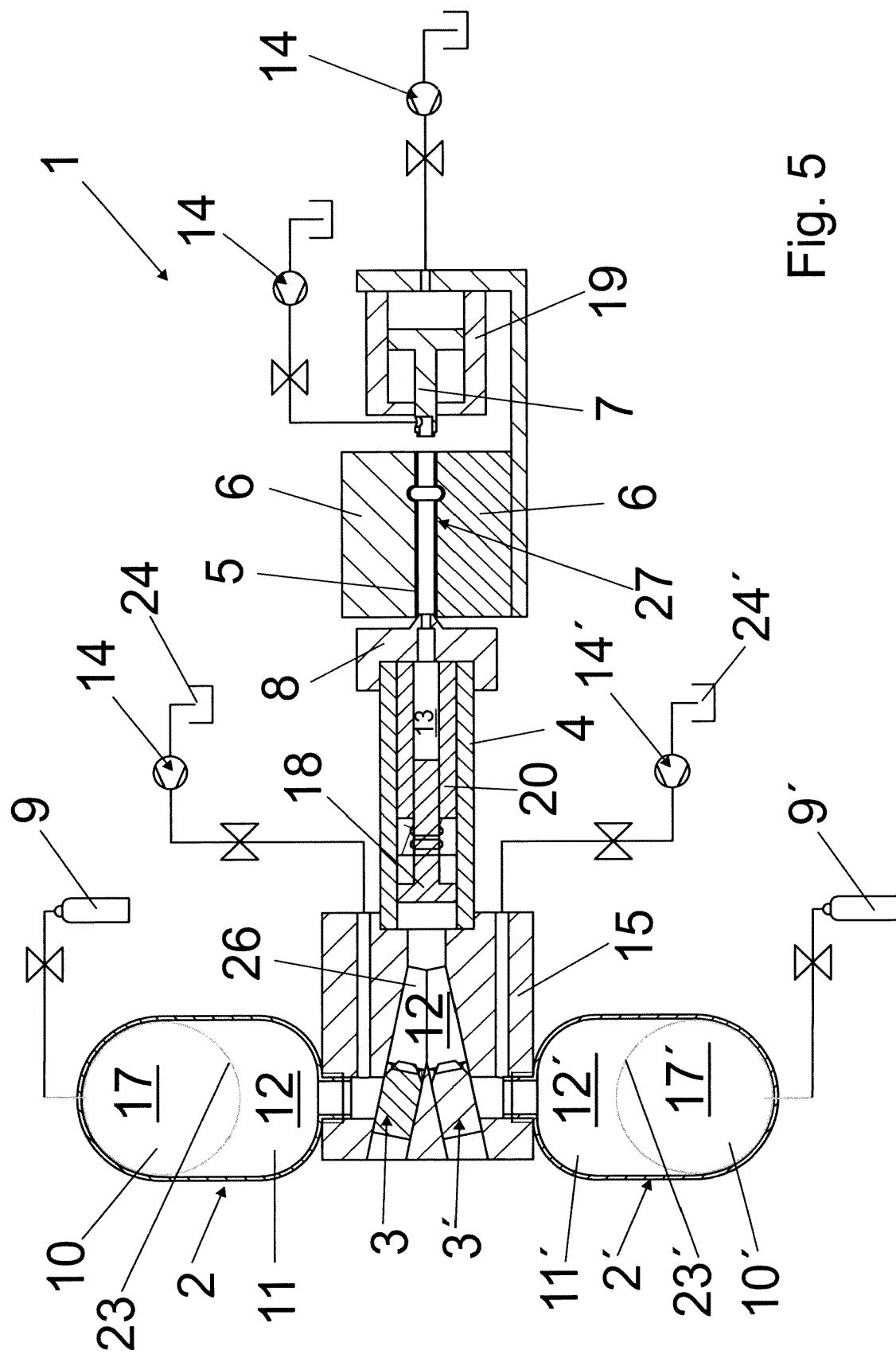


Fig. 4



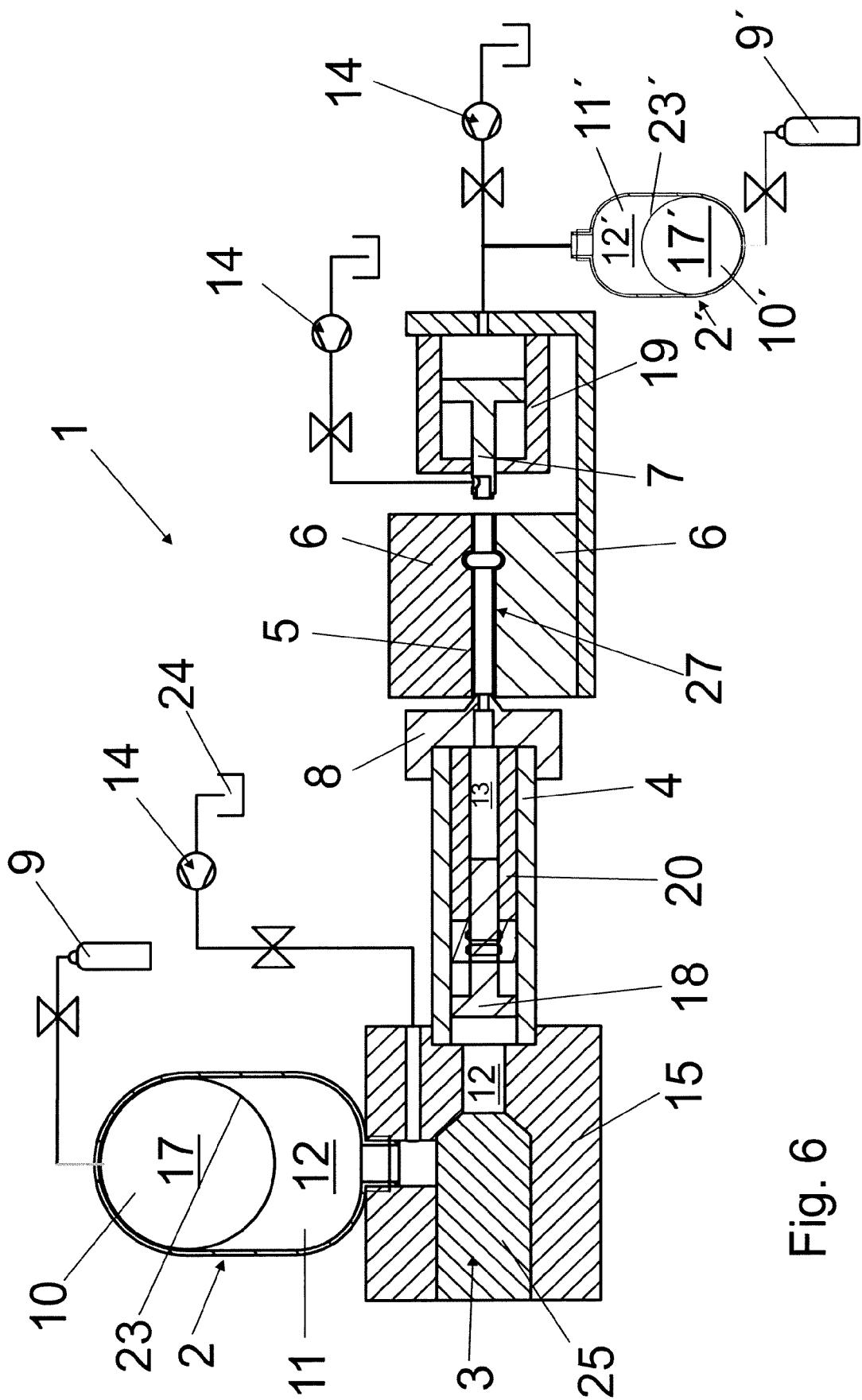
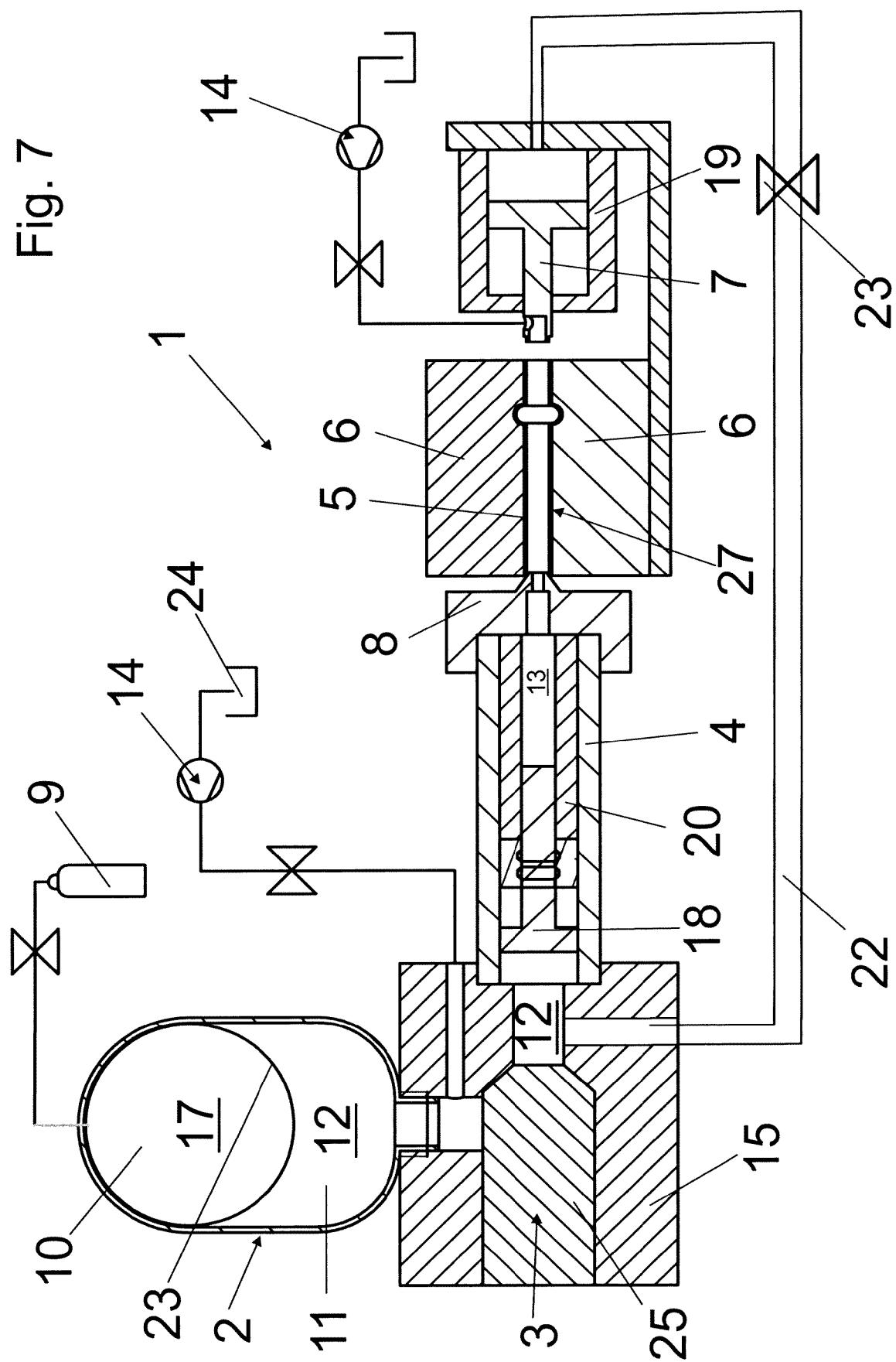


Fig. 6

Fig. 7





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 40 0044

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	JP S55 84231 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 25. Juni 1980 (1980-06-25) * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1-20	INV. B21D26/027 B21D26/041 B21D26/06
15 X	US 3 057 313 A (SETSER DONALD D) 9. Oktober 1962 (1962-10-09) * Spalte 2, Zeilen 15-19; Abbildungen * -----	1-20	
20 X	DE 10 2007 018395 A1 (BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH [DE]) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) * Absatz [0022]; Abbildungen * -----	1-20	
25 X	US 3 832 877 A (TOMINAGA H ET AL) 3. September 1974 (1974-09-03) * Anspruch 1; Abbildungen * -----	1-20	
30 A,D	DE 10 2007 018066 B4 (GRIMM GEORG [AT]) 25. März 2010 (2010-03-25) * das ganze Dokument * -----	1-20	
35 A,D	DE 16 52 616 A1 (BOLT ASSOCIATES INC) 1. April 1971 (1971-04-01) * das ganze Dokument * -----	1-20	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC) B21D
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 14. Dezember 2017	Prüfer Knecht, Frank
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
	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		

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

EP 17 40 0044

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendifikumente 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.

14-12-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendifikument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	JP S5584231 A	25-06-1980	KEINE	
15	US 3057313 A	09-10-1962	KEINE	
	DE 102007018395 A1	23-10-2008	KEINE	
	US 3832877 A	03-09-1974	KEINE	
20	DE 102007018066 B4	25-03-2010	KEINE	
	DE 1652616 A1	01-04-1971	KEINE	
25				
30				
35				
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 1652616 A [0007]
- DE 102007018066 B4 [0008]