



(11) **EP 4 467 258 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.11.2024 Patentblatt 2024/48

(21) Anmeldenummer: **24177387.8**

(22) Anmeldetag: **22.05.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21J 7/04 (2006.01) B21J 7/28 (2006.01)
B30B 1/32 (2006.01) B30B 15/16 (2006.01)
B30B 15/26 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21J 7/04; B21J 7/28; B30B 1/32; B30B 15/161;
B30B 15/163; B30B 15/26

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(30) Priorität: **23.05.2023 DE 102023113473**

(71) Anmelder: **Langenstein & Schemann GmbH**
96450 Coburg (DE)

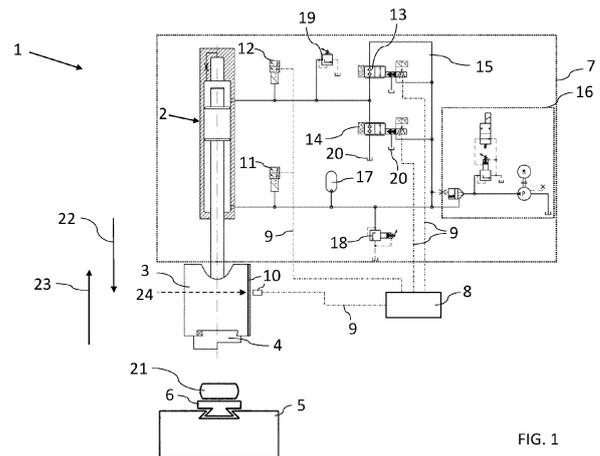
(72) Erfinder:
• **Otto, Markus**
96486 Lautertal (DE)
• **Barnickel, Harald**
96450 Coburg (DE)

(74) Vertreter: **Schröer, Gernot H.**
Meissner Bolte Patentanwälte
Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
Bankgasse 3
90402 Nürnberg (DE)

(54) **HYDRAULISCHE UMFORMMASCHINE ZUR WERKSTÜCKUMFORMUNG, HYDRAULIKSTEUEREINHEIT UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES HYDRAULIKZYLINDERS EINER HYDRAULISCHEN UMFORMMASCHINE**

(57) Die zu Grunde liegende Erfindung betrifft insbesondere eine hydraulische Umformmaschine (1), insbesondere Schmiedehammer, zur Werkstückumformung, umfassend einen Hydraulikzylinder (2) mit einem in einem Zylinderrohr (25) geführten Kolben (29), der das Zylinderrohr (25) in einen von einer mit einem Bären (3) gekoppelten Kolbenstange (30) durchgriffenen ersten Zylinderraum (44) und in einen zweiten Zylinderraum (45) unterteilt, wobei der erste Zylinderraum (44) einen ersten Hydraulikanschluss (37) und der zweite Zylinderraum einen zweiten Hydraulikanschluss (38) aufweisen, einen Hydraulikkreis (7) mit einer Steuereinheit (6) zur Steuerung und/oder Regelung des Betriebs des Hydraulikzylinders (2), wobei der Hydraulikkreis (7) ein mit der Steuereinheit (6) steuerungstechnisch gekoppeltes erstes Hydraulikventil (13) umfasst, das vorzugsweise als Proportionalventil ausgebildet ist, und über den zweiten Hydraulikanschluss (38) mit dem zweiten Zylinderraum (45) verbunden ist. Die Steuereinheit (8) ist dazu eingerichtet, eine Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks vorgesehenen Arbeitshubs so zu regeln und/oder steuern, dass in einer ersten Phase das erste Hydraulikventil (13) geöffnet ist und der Bär (3) in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird, in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) auf eine Nachströmöffnungsweite reduziert ist, und das erste

Hydraulikventil (13) während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist.



EP 4 467 258 A2

Beschreibung

[0001] Die zu Grunde liegende Erfindung betrifft eine hydraulische Umformmaschine zur Werkstückumformung, eine Hydrauliksteuereinheit und ein Verfahren zur Steuerung eines Hydraulikzylinders einer hydraulischen Umformmaschine.

[0002] Zum Pressen bzw. Umformen von Werkstücken bei der Kaltumformung, insbesondere bei der Blechumformung, oder bei der Warmumformung, insbesondere beim Schmieden von metallischen, schmiedbaren Werkstoffen, sind verschiedene Umformmaschinen bekannt (siehe beispielsweise VDI-Lexikon Band Produktionstechnik Verfahrenstechnik, Herausgeber: Hiersig, VDI-Verlag, 1995, Seiten 1107 bis 1113). Wenigstens ein Stößel bzw. Bär mit einem oberen Umformwerkzeug der Umformmaschine wird von einem Antrieb angetrieben und relativ zu einem unteren Umformwerkzeug der Umformmaschine bewegt, so dass zwischen den Umformwerkzeugen das Werkstück durch Umformkräfte umgeformt werden kann.

[0003] Bekannte hydraulische Umformmaschinen nutzen einen hydraulischen Antrieb mittels eines hydraulischen Mediums bzw. Hydraulikfluids, wie Öl oder Wasser, dessen Druckenergie von in Hydraulikzylindern laufenden Kolben, insbesondere beim Schmiedehammer, zunächst in kinetische Bewegungsenergie und schließlich, während des Umformvorgangs, in mechanische Umformarbeit umgesetzt wird. Der hydraulische Antrieb des Kolbens kann ein Pumpenantrieb mit einer Pumpe und einem elektrisch regelbaren Pumpenmotor (siehe z. B. DE 196 80 008 C1) oder auch ein hydraulischer Speicherantrieb mit Druckspeicher und motorangetriebener Pumpe zum Herstellen des Drucks in dem Druckspeicher sein (siehe z.B. WO 2013/167610 A1).

[0004] Aus der DE 10 2015 105 400 A1 ist ein Schmiedehammer mit einem Schlagwerkzeug bekannt, das zur Ausführung eines Arbeitshubs von oben nach unten bzw. Rückhubs von unten nach oben mit einem hydraulischen Differentialzylinder gekoppelt ist. Zum Antrieb des Differentialzylinders ist eine Hydropumpe vorgesehen, die über ein einfaches Wegeventil mit den Zylinderräumen des Differentialzylinders verbunden ist.

[0005] Aus der DE 10 2014 002 888 B4 ist ein Schmiedehammer bekannt, welcher einen Hydraulikzylinder mit einem damit gekoppelten Bären zur Werkstückumformung umfasst. Der Hydraulikzylinder umfasst einen oberen, einen mittleren und einen unteren Hydraulikanschluss. Bei einem Arbeitshub wird eine dem Arbeitshub zugeordnete Hubkammer des Hydraulikzylinders über den oberen Hydraulikanschluss mit Hydraulikfluid gespeist. Bei einem Rückhub wird der obere Hydraulikanschluss geschlossen, und das aus der Hubkammer verdrängte Hydraulikfluid wird über den mittleren Anschluss in einen Rücklauftank geleitet. Der Betrieb des Schmiedehammers ist so eingerichtet, dass während des Rückhubs der obere Hydraulikanschluss geschlossen ist und der Kolben des Hydraulikzylinders beim Überfahren des

mittleren Hydraulikanschlusses durch die im Hydraulikzylinder verbleibende Hydraulikflüssigkeit abgebremst wird. Nachteilig an dem bekannten Schmiedehammer ist dessen aufwändige Konstruktion mit vier Hydraulikanschlüssen und ferner, dass ein oberer Totpunkt, der als Ausgangspunkt zur Auslösung eines Schmiedeschlags dient, fest mit der Position des mittleren Hydraulikanschlusses verknüpft ist.

[0006] Bei den bekannten Umformmaschinen, insbesondere den Schmiedehämmern, besteht noch Potential zur Vereinfachung des Aufbaus, für einen sicheren Betrieb des Hydraulikkreises, und zur Verbesserung der Bewegungsabläufe des Bären bzw. der damit verbundenen Werkzeuge, beispielsweise hinsichtlich der Einstellbarkeit der Sollgeschwindigkeit des Bären zur Umformung, hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Bewegung des Bären und/oder hinsichtlich eines sicheren Betriebs z.B. bei Ausfall der Steuerungselektronik.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es insoweit, eine neue bzw. verbesserte hydraulische Umformmaschine, insbesondere einen Schmiedehammer, bereitzustellen.

[0008] Insbesondere soll eine solche Umformmaschine bereitgestellt werden, die konstruktiv vergleichsweise einfach aufgebaut ist, eine verbesserte Bewegungssteuerung und/oder -regelung des Bären mit angekoppeltem Schlagwerkzeug zur Umformung ermöglicht, und/oder die eine Bewegungsteuerung mit erhöhter Sicherheit und/oder verringerter oder verminderter Kavitationsbildung im hydraulischen Medium bzw. Hydraulikfluid ermöglicht. Des Weiteren sollen eine Hydrauliksteuereinheit zum Betrieb einer hydraulischen Umformmaschine und ein Verfahren zum Betrieb eines Hydraulikzylinders einer hydraulischen Umformmaschine, insbesondere eines Schmiedehammers, bereitgestellt werden.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Ausgestaltungen ergeben sich insbesondere aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und Ausgestaltungen.

[0010] Nach einer Ausgestaltung ist eine hydraulische Umformmaschine, insbesondere eine schlagende Umformmaschine, vorzugsweise ein Schmiedehammer, zur Werkstückumformung bzw. Umformung eines Werkstücks vorgesehen. Die Umformmaschine umfasst einen Hydraulikzylinder mit einem in einem Zylinderrohr geführten Kolben.

[0011] Der Kolben unterteilt das Zylinderrohr in einen von einer mit einem Bären gekoppelten Kolbenstange durchgriffenen ersten Zylinderraum, der aufgrund der durchgreifenden Kolbenstange als ein Ringraum ausgebildet ist, und in einen zweiten Zylinderraum, der auf der vom ersten Zylinderraum abgewandten Seite des Kolbens angeordnet ist, und auch als Kolbenraum bezeichnet wird. Der erste Zylinderraum weist einen ersten Hydraulikanschluss und der zweite Zylinderraum weist einen zweiten Hydraulikanschluss auf. Bei vertikaler Anordnung des Hydraulikzylinders können der erste Hydraulikanschluss als ein unterer und der zweite Hydraulik-

likanschluss als ein oberer Anschluss bezeichnet werden. Entsprechend können der erste Zylinderraum als ein unterer und der zweite Zylinderraum als ein oberer Zylinderraum bezeichnet werden.

[0012] Die hydraulische Umformmaschine umfasst ferner einen Hydraulikkreis, der zumindest eine Steuereinheit, die hierin auch als Hydrauliksteuereinheit bezeichnet ist, umfasst. Die Steuereinheit ist zur Steuerung und/oder Regelung des Betriebs des Hydraulikzylinders eingerichtet. Neben der Steuereinheit können dem Hydraulikkreis weitere Komponenten zugerechnet werden, wie Hydraulikleitungen, Drucksensoren, usw..

[0013] Der Hydraulikzylinder ist über den ersten und zweiten Hydraulikanschluss mit dem Hydraulikkreis verbunden, bzw. der Hydraulikkreis ist über den ersten und zweiten Hydraulikanschluss an den Hydraulikzylinder angeschlossen.

[0014] Der Hydraulikkreis umfasst ein mit der Steuereinheit steuerungstechnisch gekoppeltes erstes Hydraulikventil. Das erste Hydraulikventil ist vorzugsweise als Proportionalventil ausgebildet.

[0015] Das erste Hydraulikventil ist über den zweiten Hydraulikanschluss mit dem zweiten Zylinderraum verbunden.

[0016] Ist der Hydraulikzylinder vertikal angeordnet und der Bär unterhalb des Hydraulikzylinders angeordnet, bewirkt eine Beaufschlagung des zweiten Zylinderraums eine Ausführung eines Arbeitshubs - bei einem Schmiedehammer die Ausführung eines Schmiedeschlags bzw. Schlags. Das erste Hydraulikventil kann insoweit als "Schlagventil" bezeichnet werden.

[0017] Ein Arbeitshub soll dabei als ein Betrieb bzw. eine Betriebsphase des Hydraulikzylinders verstanden werden, in welcher der zweite Zylinderraum mit Hydraulikfluid beaufschlagt wird und der Bär vom Zylinderrohr weg auf ein Werkstück zu dessen Umformung zubewegt werden kann. Ein solcher Arbeitshub wird im Betrieb einer als Schmiedehammer ausgebildeten Umformmaschine auch als Schlag oder Umformschlag bezeichnet. Eine zum Arbeitshub entgegengesetzte Bewegung wird hierin als Rückhub bezeichnet. Ein vollständiger Arbeitszyklus des Hydraulikzylinders kann somit als eine aus Arbeitshub und Rückhub bestehende aufeinanderfolge von Bewegungszyklen verstanden werden.

[0018] Die Steuereinheit ist, nach einem Aspekt der Erfindung, dazu eingerichtet, eine Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks vorgesehenen Arbeitshubs so zu regeln und/oder steuern, dass

- in einer ersten Phase des Arbeitshubs das erste Hydraulikventil geöffnet ist und der Bär in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird,
- in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase des Arbeitshubs, insbesondere nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit, die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils auf eine Nachström-

öffnungsweite reduziert bzw. verringert ist, und

- das erste Hydraulikventil während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

[0019] Besonders vorteilhaft wird die Nachströmöffnungsweite derart eingestellt, dass der Hydraulikdruck im Hydrauliksystem oberhalb des Kavitationsdrucks gelegen ist. Insbesondere kann die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, dass der Hydraulikdruck im zweiten Zylinderraum, oberhalb von 3 Bar, zumindest jedoch über 1 Bar, liegt. Da sich Luft z.B. erst ab 1 bar aus Hydrauliköl löst, können schädliche Kavitationen vermieden bzw. verhindert werden.

[0020] Vorzugsweise ist die Steuereinheit derart eingerichtet, dass diese die Nachströmöffnungsweite gemäß einer vorgegebenen oder vorgebbaren Öffnungsweite einstellt.

[0021] Besonders vorteilhaft ist das Hydraulikventil als Proportionalventil ausgebildet, insbesondere als sog. Cartridge-Ventil.

[0022] Insbesondere ist vorgesehen und die Steuereinheit entsprechend eingerichtet, dass in der zweiten Phase, das erste Hydraulikventil nicht komplett geschlossen wird, sondern dass die Öffnungsweite bis auf einen verbleibenden Öffnungsspalt, beispielsweise einem Mindestöffnungsspalt, geschlossen wird. Über den verbleibenden Öffnungsspalt kann Hydraulikflüssigkeit in den zweiten Zylinderraum nachströmen, insbesondere derart, dass der Bär durch das Hydraulikfluid nicht weiter beschleunigt wird, so dass der Bär die erreichte Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen beibehält. Der Begriff "nachströmen" soll insbesondere verstanden werden als ein im Wesentlichen druckloses Füllen des zweiten Zylinderraums mit Hydraulikfluid, insbesondere derart, dass der Bär bzw. Kolben durch das einfließende Hydraulikfluid bzw. durch einfließende Hydraulikflüssigkeit nicht weiter beschleunigt wird, und die erreichte Sollgeschwindigkeit zumindest im Wesentlichen erhalten bleibt bzw. aufrecht erhalten werden kann. Insbesondere oder alternative soll "nachströmen" bedeuten, dass am Hydraulikzylinder etwa 3 bar anliegen oder zumindest 1 bar nicht unterschritten wird - so dass Kavitationen im Hydraulikfluid, insbesondere einem Hydrauliköl, vermieden werden können.

[0023] Der Systemdruck des Hydraulikkreises, mit welchem insbesondere der erste Hydraulikanschluss beaufschlagt wird bzw. ist, liegt vorzugsweise bei etwa 200 bar, z.B. im Bereich zwischen 190 bis 210 bar, oder zwischen 197 bar und 203 bar.

[0024] Bei einem Arbeitshub des Hydraulikzylinders zur Umformung eines Werkstücks bewegt sich der Bär nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit weiter, wodurch sich das Volumen des zweiten Zylinderraums vergrößert und entsprechend mit Hydraulikfluid bzw. Hydraulikflüssigkeit, d.h. mit der nachströmenden Hydraulikflüssigkeit, gefüllt wird. Dieses Füllen bzw. Nachströmen wird durch die Einstellung des ersten Hydraulikventils auf die

Nachströmöffnungsweite erreicht. Die Nachströmöffnungsweite kann beispielsweise zwischen 3 bis 20% vorzugsweise zwischen 5 bis 15% oder 10 bis 15% der Öffnungsweite des Hydraulikventils betragen.

[0025] Insgesamt ergibt sich für die vorgeschlagene Umformmaschine eine vergleichsweise einfache, genaue und reproduzierbare Steuerung und/oder Regelung des Hydraulikzylinders zur Ausführung eines Arbeitshubs zur Umformung eines Werkstücks.

[0026] Gemäß Ausgestaltungen umfasst der Hydraulikkreis des Weiteren ein zweites Hydraulikventil, das mit dem zweiten Hydraulikanschluss verbunden ist, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, eine Öffnungsweite des zweiten Hydraulikventils, welches vorzugsweise als ein Proportionalventil ausgebildet ist, so zu steuern, dass bei einem entgegengesetzt zum Arbeitshub erfolgenden Rückhub eine Ausgangsposition des Bären für einen nachfolgenden Arbeitshub variabel einstellbar ist. Bei einem vertikal angeordneten Hydraulikzylinder, bei welchem der Arbeitshub nach unten erfolgt, kann das zweite Hydraulikventil auch als "Steigventil" bezeichnet werden. Mithin können bei einer entsprechenden Umformmaschine mit vertikalem Aufbau das erste Hydraulikventil als Schlagventil und das zweite Hydraulikventil als Steigventil bezeichnet werden.

[0027] Durch die Verwendung von Proportionalventilen kann eine vergleichsweise genaue Steuerung der Bewegung des Bären erreicht werden. Insbesondere kann eine vorteilhafte und genaue Steuerung der Geschwindigkeit des Bären erreicht werden. Ferner ist es vergleichsweise einfach möglich, die Bewegung des Bären zu steuern und/oder zu regeln, beispielsweise auf unterschiedliche, jeweils gewünschte Sollgeschwindigkeiten und/oder auf unterschiedliche und/oder variierende Ausgangspositionen zur Ausführung eines Arbeitshubs oder Schlags.

[0028] Nach Ausgestaltungen kann die Umformmaschine des Weiteren eine Messeinheit zur Ermittlung der Position und/oder Geschwindigkeit des Bären umfassen. Die Steuereinheit kann dazu eingerichtet sein, auf Grundlage einer von der Messeinheit für einen vorausgehenden Arbeitshub ermittelten Umformposition und/oder weiterer erfasster Betriebsparameter, einen oder mehrere Betriebsparameter z.B. für einen nachfolgenden, insbesondere unmittelbar nachfolgenden Arbeitshub zu ermitteln. Als Betriebsparameter kommen insbesondere in Frage: Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs, eine nach der ersten Phase erreichte Sollgeschwindigkeit, eine Schlagenergie des Bären zur Werkstückumformung, eine Position des Bären, insbesondere die Umformposition des Bären. Die Umformposition des Bären soll dabei insbesondere diejenige Position des Bären verstanden werden, an welcher bei einem Arbeitshub die Umformung des Werkstücks erfolgt bzw. beginnt. Vorteilhaft ist die Steuereinheit dazu eingerichtet, die oder den Betriebsparameter für einen darauffolgenden Arbeitshub, d.h. für einen auf einen Arbeitshub z.B. unmittelbar folgenden weiteren Arbeitshub, zu er-

mitteln.

[0029] In vorteilhaften Ausgestaltungen kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, bei einer Umformoperation eines Werkstücks einen initialen Arbeitshub als einen bei minimaler Schlagenergie ausgeführten Richtschlag auszuführen. Mit einem derartigen Richtschlag ist es insbesondere möglich, die Umformposition, d.h. diejenige Position des Bären zu ermitteln, an welcher dieser auf das umzuformende Werkstück trifft bzw. die Lage oder Position der dem Bären zugewandten Seite des Werkstücks.

[0030] Ist die Steuereinheit ferner dazu eingerichtet, neben der Umformposition des Bären auch die Ausgangsposition des Bären zur Ausführung eines Arbeitshubs zu ermitteln bzw. steht die Ausgangsposition zur Verfügung, kann der für einen Arbeitshub verfügbare Hubbereich zwischen Ausgangsposition und Umformposition, und damit der jeweils erforderliche Bereich bzw. die verfügbare Weglänge zur Beschleunigung des Bären ermittelt und zur Einstellung von Betriebsparametern zur Beschleunigung des Bären auf die Sollgeschwindigkeit verwendet werden. Ein entsprechender Betriebsparameter kann dabei die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils oder der zeitliche Verlauf der Öffnungsweite des ersten Hydraulikzylinders sein.

[0031] Möglich ist es nach Ausgestaltungen ferner, dass die ermittelten Betriebsparameter wie Ausgangsposition, Umformposition, Schlagenergie usw. zur Steuerung und/oder Regelung des zweiten Hydraulikventils bei einem Rückhub verwendet werden. Beispielsweise kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, entsprechende Betriebsparameter, beispielsweise die Ausgangsposition für einen nachfolgenden Arbeitshub, zur Steuerung des zweiten Hydraulikventils beim Rückhub zu verwenden. Die Steuereinheit kann gemäß Ausgestaltungen insbesondere dazu eingerichtet sein, die Öffnungsweite des zweiten Hydraulikventils so zu steuern und/oder zu regeln, bzw. das Schließverhalten des zweiten Hydraulikventils so zu steuern und/oder zu regeln, dass der Bär beim Rückhub die jeweils gewünschte Ausgangsposition für den nächsten Arbeitshub erreicht.

[0032] Mit der vorgeschlagenen Steuereinheit und den Hydraulikventilen, insbesondere mit Proportionalventilen, ist es insbesondere möglich, die Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs dynamisch einzustellen, beispielsweise, derart, dass Arbeitshübe aus unterschiedlichen Ausgangspositionen ausgeführt werden können. Das ermöglicht vergleichsweise flexible Betriebszyklen und Umformoperationen bei gleichzeitig genauer und zuverlässiger Einstellung der Umformparameter.

[0033] Gemäß Ausgestaltungen kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, auf Grundlage einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Ausgangsposition und/oder einer variablen Umformposition (oder: Umkehrposition, Ruheposition), insbesondere einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Umformposition, die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils zu steuern,

insbesondere derart, dass der Arbeitshub, insbesondere ein Umformschlag, mit einer jeweils geeigneten, vorzugsweise vorgegebenen, insbesondere einer jeweils maximal verfügbaren, Schlagenergie ausführbar ist.

[0034] Gemäß Ausgestaltungen kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, eine Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs variabel bzw. dynamisch variabel einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit zumindest eines Betriebsparameters des Hydraulikzylinders bezüglich eines oder mehrerer vorangehender Arbeitshübe, wobei es sich bei dem Betriebsparameter vorzugsweise um einen durch eine oder mehrere Sensoreinheiten erfassten Betriebsparameter handelt. Beispielsweise kann die Umformposition bei einem vorangehenden Arbeitshub bei einer Umformung eines Werkstücks mit mehreren Schlägen dazu verwendet werden, die Ausgangsposition für einen nachfolgenden Arbeitshub für das Werkstück einzustellen und/oder die Öffnungsweite zur Beschleunigung des Bären beim nachfolgenden Arbeitshub einzustellen, beispielsweise gemäß einer vorgegebenen oder gewünschten Umformenergie und/oder Sollgeschwindigkeit.

[0035] Gemäß Ausgestaltungen kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, bei vorgegebener Umformenergie eine Ausgangsposition für einen Arbeitshub zu ermitteln und durch Steuerung und/oder Regelung des zweiten Hydraulikventils bei einem Rückhub einzustellen, wobei die Steuereinheit vorzugsweise dazu eingerichtet ist, die Ausgangsposition auf Grundlagen einer freien Weglänge des Bären zwischen Ausgangsposition und Umformposition eines vorangehenden Arbeitshubs variabel insbesondere dynamisch variabel einzustellen.

[0036] Bei der vorgeschlagenen Umformmaschine können für das erste und zweite Hydraulikventil besonders vorteilhaft Proportionalventile verwendet werden. Die beiden Ventile können baugleich ausgebildet sein, wobei eines davon zur Schlagauslösung, das andere als Steigventil vorgesehen sein kann. Die Ventile können in der sog. Cartridge-Bauweise ausgeführt sein, wobei Steuerungs- und Logikelemente erschütterungsfest auf dem Steuerdeckel verbaut sein können. Über eine integrierte Sicherheitsstufe kann bei dem ersten Hydraulikventil, insbesondere einem Schlagventil, dessen Annahmefähigkeit realisiert werden.

[0037] Die vorgeschlagene Umformmaschine hat insbesondere den Vorteil, dass der Hydraulikzylinder lediglich zwei (insbesondere lediglich genau zwei) Hydraulikanschlüsse erfordert, einen für den Arbeitshub und einen für den Rückhub. Im Vergleich zu Umformmaschinen des Stands der Technik mit vier funktional verschiedenen Hydraulikanschlüssen am Hydraulikzylinder kann mithin der Aufbau vereinfacht werden.

[0038] Wie erwähnt kann der Hydraulikzylinder einen unteren Anschluss (ersten Hydraulikanschluss) aufweisen, der zur für den Rückhub vorgesehen ist. Der untere Anschluss stellt dauerhaft und immer Hydraulikflüssigkeit, beispielsweise Hydrauliköl, bzw. Betriebsdruck (z.B. im Bereich zwischen 197 bar bis 203 bar, vorzugsweise

bei etwa 200 bar) zur Verfügung. Mithin ist es in vorteilhaften Ausgestaltungen vorgesehen, dass der untere bzw. der erste Hydraulikanschluss keine unmittelbare Regelung über ein Hydraulikventil umfasst. Ist der untere bzw. der erste Hydraulikanschluss mit dem Systemdruck (z.B. etwa 200 bar) beaufschlagt, kann der Rückhub über das Steigventil (zweites Hydraulikventil) am zweiten bzw. oberen Hydraulikanschluss erfolgen.

[0039] Das erste und zweite Hydraulikventil (Schlagventil und Steigventil) sind am oberen Hydraulikanschluss (zweiten Hydraulikanschluss) bzw. zweiten Zylinderraum angeschlossen. Eine Steuerung/Regelung des Hydraulikzylinders erfolgt entsprechend am oberen bzw. zweiten Hydraulikanschluss.

[0040] Für die Hydraulikventile werden vorteilhaft Proportionalventile für Schlagen und Steigen verwendet.

[0041] In Ausgestaltungen, beispielsweise bei großen Umformmaschinen, können als Hydraulikventile bzw. Ventileinheiten mehrere Ventile für jede Funktion (Schlagen/Steigen) parallel zusammengeschaltet sein.

[0042] Der Einsatz eines Proportionalventils für das Steigen bzw. für den Rückhub eröffnet die Möglichkeit, die Umformmaschine statt mit einem fixen oberen Totpunkt, mit einer variablen Ausgangsstellung bzw. Schlagausgangsstellung zu betreiben, da der Bremsvorgang im Wesentlichen an jeder beliebigen Position beispielsweise auf jeder beliebigen Höhe gestartet werden kann, bzw. der Bär auf jeder beliebigen Höhe zum Stillstand gebracht werden kann.

[0043] Insbesondere ist es gemäß Ausgestaltungen möglich, dass das Hydraulikventil beim Rückhub entsprechend einer vorgegebenen Kennlinie kontinuierlich geschlossen wird, beispielsweise um ein zunächst sanftes, zum Ende des Rückhubs hin aber präzises Anhalten zu realisieren. Für den Betrieb der Umformmaschine kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass der Bär erst dann zum Stillstand gebracht wird, wenn er zumindest die Ausgangshöhe erreicht hat, die zum Beschleunigen des Bären für einen nächsten Schlag erforderlich ist.

[0044] Insbesondere kann mit der vorgeschlagenen Steuerung der Hydraulikventile erreicht werden, dass vor allem bei Prellschlägen der durch den Rückprall erzeugte, hohe Volumenstrom sicher während der sich anschließenden Bremsphase bzw. während des Rückhubs abgebaut werden kann.

[0045] Für die Betriebssicherheit, z.B. bei Ausfall der Elektronik des Steigventils kann ein Stangenfortsatz oberhalb des Kolbens, der in eine Bohrung eintaucht und so ein hydraulisches Bremskissen bildet, vorgesehen sein, was weiter unten noch genauer beschrieben wird.

[0046] Mit der Verwendung eines Proportionalventils zum Beschleunigen des Bären stehen insbesondere mehrere Stellgrößen zur Verfügung, mit den die Beschleunigungsphase gesteuert werden kann. Dazu zählen beispielsweise einstellbare Kennlinien zum Öffnen und Schließen des ersten Hydraulikventils bzw. Schlagventils, die tatsächliche Öffnung und der damit steuerbare Volumenstrom der hindurchfließen kann und die

Zeitdauer, für die das Hydraulikventil geöffnet bleibt. Sowohl die absolute Genauigkeit als auch die Wiederholgenauigkeit der Maschine können dadurch verbessert werden.

[0047] Bei der vorgeschlagenen Umformmaschine und dem zugehörigen Betriebsverfahren ist es insbesondere möglich, dass beim Betrieb der Umformmaschine mit Proportionalventilen die Schläge bzw. Arbeitshübe immer aus einer individuell geeigneten bzw. notwendigen Höhe ausführbar sind bzw. ausgeführt werden. Es ist insbesondere nicht erforderlich, dass nach jedem Schlag bzw. Arbeitshub in die absolut obere Endlage des Hydraulikzylinders angefahren wird. Darüber hinaus kann durch eine Variabilität die ein Proportionalventil als Schlagventil bietet, eine verbesserte Genauigkeit der Schläge erzielt werden.

[0048] Im praktischen Betrieb einer Umformmaschine, beispielsweise in einer automatisch arbeitenden Schmiedelinie, kann erforderlich sein, dass ein gewisser Freiraum zwischen dem oberen und unteren Werkzeug für Gesenkpfege, Handlingaufgaben usw. bereitgestellt wird. Dieser kann durch die Verwendung von Proportionalen bereitgestellt werden, weil der obere Totpunkt bzw. Umkehrpunkt des Bären variabel ist.

[0049] Die nachfolgenden Betriebsarten stellen verfahrensgemäße Ausgestaltungen der Erfindung bzw. funktionale Ausgestaltungen der Steuereinheit bzw. der Hydrauliksteuereinheit dar.

[0050] In einer Ausgestaltung kann eine Umformung, insbesondere ein Schmieden, mit automatischer Energieanpassung vorgesehen sein. Dabei kann nach dem Einlegen eines Rohlings bzw. eines Werkstücks in das untere Gesenk der Umformmaschine zunächst ein Richtschlag mit geringer Energie ausgeführt werden. Ein Richtschlag ist dabei beispielsweise als ein Schlag zu verstehen, bei dem das Obergesenk auf das Werkstück abgesenkt wird, wobei der Bär mit einer geringen Energie auf das Werkstück bewegt wird, beispielsweise so dass im Wesentlichen keine bzw. lediglich vernachlässigte Umformungen am Werkstück entstehen. Die Steuerung ermittelt dabei den zur Verfügung stehenden Hubweg. Ein darauffolgender Schlag kann dann automatisch mit einer maximal, für diesen ermittelten Hubweg erreichbaren Energie ausgeführt werden, wobei der Schlag und die Beschleunigung des Bären auf Grundlage des ermittelten Hubwegs automatisch durch die Steuerung gesteuert bzw. geregelt wird.

[0051] Durch die Verformung des Werkstücks bzw. Schmiedeteils steht nun für den darauffolgenden Arbeitshub bzw. Schlag ein längerer Hubweg zur Verfügung, der wiederum automatisch ermittelt und in eine Erhöhung der Schlagenergie umgesetzt werden kann. Der Ablauf kann für alle weiteren Folgeschläge identisch sein. Möglich ist es nach Ausgestaltungen auch, dass vor Beginn einer Schlagfolge ein Grenzwert in der Art gesetzt wird, dass z.B. beim Erreichen einer vorgegebenen Nennenergie der Umformenergie, beispielsweise 80% der Nennenergie der Umformmaschine, und/oder bei Erreichen

eines wählbaren oder vorgebbaren unteren Umkehrpunktes, der z.B. der Bauteilhöhe entsprechen kann, keine weitere automatische Erhöhung der Schlagenergie stattfindet. Der Grenzwert kann beispielsweise durch einen Benutzer gesetzt werden. Ein entsprechender Betrieb mit Limitierung der, z.B. maximalen, Energie und/oder dem Kriterium des unteren Umkehrpunktes, z.B. der Bauteilhöhe, ist vor allem für Stauch- und Reckoperationen sinnvoll, bei denen sich die Bauteilhöhe während des Schmiedens stark ändert.

[0052] Gemäß Ausgestaltungen kann eine Betriebsweise vorgesehen sein, bei der ein Umformen bzw. Schmieden aus vorgewählter Höhe mit einstellbarer Energie erfolgt.

[0053] Hierzu können automatisch oder durch einen Bediener eine im Wesentlichen frei wählbare Schlagausgangsstellung bzw. Anfangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs, sowie eine Gesenkhöhe und eine Rohlings- bzw. Werkstückhöhe vorgegeben werden. Die Steuerung ermittelt hieraus die erreichbare maximale Energie. Anschließend können Einzelschläge bzw. Einzelarbeitshübe oder eine Folge von Arbeitshüben oder Schlägen mit Energien zwischen 1% der maximalen Schlagenergie der Umformmaschine und der zuvor ermittelten erreichbaren maximalen Energie programmiert bzw. eingestellt werden.

[0054] Die Steuerung kann in Ausgestaltungen dazu eingerichtet sein, ständig Plausibilitätsprüfungen zwischen den eingegebenen bzw. vorgegebenen Daten und den tatsächlich gefahrenen Arbeitshüben bzw. Rückhüben durchzuführen und den Betrieb der Umformmaschine zu stoppen, sollten Grenzwerte für die automatisch ermittelten Betriebsparameter über- oder unterschritten werden. Alternativ zu einer Dateneingabe durch einen Benutzer kann bei dieser Betriebsweise zur Ermittlung des initial verfügbaren Arbeitshubs mit einem initialen Richtschlag von geringer Energie gearbeitet werden.

[0055] Gemäß Ausgestaltungen kann eine Betriebsweise vorgesehen sein, bei der ein Schmieden mit konstanter Energie aus optimaler Höhe erfolgt.

[0056] Hier ist es möglich, ein frei wählbares Energieniveau zu fixieren bzw. festzulegen. Zusätzlich können Gesenk- und Bauteilhöhe eingegeben oder ermittelt werden, beispielsweise durch einen Richtschlag und kontinuierlicher Ermittlung der Position des Bären im Umkehrpunkt. Die Steuerung kann aus entsprechenden Daten eine optimale Höhe bzw. einen optimalen Ausgangspunkt für eine Folge von Arbeitshüben bzw. eine Schlagfolge ermitteln und eine entsprechende Folge von Arbeitshüben, z.B. mit jeweils gleicher Energie ausführen.

[0057] Gemäß Ausgestaltungen kann vorgesehen sein, dass beim Betrieb der Umformmaschine alle Schläge, egal ob im Dauerschlag- oder Einzelschlagmodus, immer aus der obersten Endlage mit der, z.B. vom Bediener, festgelegten Energie ausgeführt werden. Dies entspricht insbesondere einem Betrieb eines herkömmlichen Schmiedehammers mit vier Hydraulikanschlüssen, und zeigt, dass die vorgeschlagene Umformmaschi-

ne flexibel betreibbar ist.

[0058] Neben den bereits genannten Vorteilen ergeben sich eine Reihe weiterer positiver Aspekte durch den Einsatz von Proportionalventilen. Während beim konventionellen Antrieb, der Anteil des Bremswegs am Gesamthub, mit kleiner werdender Energie höher wird, kann mit Proportionalventilen aus verminderter Höhe geschlagen werden. Zum einen wird hierdurch Beschleunigungsarbeit eingespart, zum andern kann die Schlagfrequenz erhöht werden. Eine Cartridge-Bauweise der Proportionalventile erhöht zudem die Montage- und Wartungsfreundlichkeit, da diese mit wenigen Handgriffen montiert und angeschlossen werden können. Auch der Aufbau der bewährten Blockhydraulik gestaltet sich einfacher, da weniger ölführende Kanäle gefertigt werden müssen. Besonders hervorzuheben ist, dass beim neuen Hammerantrieb mit Proportionalventiltechnik keine Nachsaugphase über ein separates Nachsaugventil im üblichen Sinn mehr notwendig ist. Nachsaugventil, Nachsaugbehälter und alle mit der Nachsaugphase verbundenen Nachteile können entfallen. Im Wesentlichen ist hier zu nennen, dass kein unberuhigtes, möglicherweise mit Lufteinschlüssen versetztes Öl mehr in den Kolbenraum gelangt und somit das davon ausgehende Risiko für die Entstehung von Kavitation eliminiert ist.

[0059] Bei der vorgeschlagenen Umformmaschine mit Proportionalventilen ist es besonders vorteilhaft, wenn die Beschleunigungsphase des Bären abgeschlossen ist, bevor die Umformung beginnt. Damit wird vermieden, dass im Moment des Schlags der Kolbenraum noch über das Proportionalventil für Schlagen mit dem Speicher verbunden ist und gleichzeitig der Bär durch den Rückprall einen entgegengesetzten Volumenstrom erzeugt, wodurch unkontrollierbar hohe Druckspitzen im Hydrauliksystem entstehen können, die das System beschädigen könnten. Ferner ist zu erwähnen, dass durch Beenden der Beschleunigungsphase vor Beginn der Umformung, was einem "Loslassen" des Bären entspricht - technisch gesprochen wird er aus der Regelung genommen - auch den Charakter der schlagenden Maschine prägt.

[0060] Auf der einen Seite darf der Zufluss von Hydraulikfluid in den zweiten Zylinderraum bzw. Kolbenraum erst mit der Richtungsumkehr des Bären beendet werden, auf der anderen Seite muss die Beschleunigungsphase vor Beginn der Umformung abgeschlossen sein. Dies lässt sich durch geschicktes ansteuern der beiden Proportionalventile erreichen. Eine gemäß Ausgestaltungen vorgesehene Überdeckungsphase, in der beide Ventile zu einem gewissen Grad geöffnet sind, kann dafür sorgen, dass nach Beendigung der Beschleunigungsphase bis zum Umkehren des Bären sowohl Öl in den Kolbenraum nachströmen als auch abfließen kann.

[0061] Fluidtechnische Simulationen und Versuche in der Praxis haben gezeigt, dass die hierin vorgeschlagene Umformmaschine und Hydrauliksteuerung, insbesondere bei Verwendung von Proportionalventilen, so einge-

richtet werden kann, dass im Hydrauliksystem, insbesondere im Hydraulikzylinder, keine Drücke unter 3 bar entstehen. Da sich Luft erst ab unter 1 bar aus Öl löst, kann keine schädliche Kavitation entstehen. Zur Vermeidung zu hoher Drücke kann das hydraulische System mit zusätzlichen Sicherheitsventilen ausgestattet sein, die unabhängig von der Elektronik funktionieren. In Ausgestaltungen können Drucksensoren vorgesehen sein, auf deren Grundlage die einwandfreie Funktion und Einstellung des Systems geprüft werden kann.

[0062] Ein Vorteil des Wegfalls der Nachsaugphase und des damit verbundenen Luftaustausches ist, dass nur noch kleine, wartungsarme Tankbelüftungsfilter und keine großen Haubenfilter mehr notwendig sind. Ebenso entfällt die dazu notwendige Verrohrung. Filter- und Kühlaggregate brauchen nicht mehr nach der benötigten Ölmenge im Nachsaugbehälter, sondern können nach der tatsächlichen Wärmeentwicklung im System ausgelegt werden.

[0063] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, die insbesondere unabhängig beanspruchbar ist, ist eine hydraulische Umformmaschine, insbesondere ein Schmiedehammer, zur Werkstückumformung vorgesehen.

[0064] Die hydraulische Umformmaschine, im Weiteren auch kurz Umformmaschine genannt, umfasst einen Hydraulikkreis mit einer Einheit zur Erzeugung eines vorgegebenen Systemdrucks (beispielsweise im Bereich zwischen 190 bar bis 210 bar, insbesondere 197 bar bis 203 bar, vorzugsweise bei etwa 200 bar) für die Hydraulikflüssigkeit (oder: das Hydraulikfluid), beispielsweise ein Druckspeicher und/oder eine Pumpeneinheit, und zumindest ein, insbesondere druckloses, Reservoir, beispielsweise einen Rücklauf- und/oder Nachsaugtank, für Hydraulikflüssigkeit. Mit einem Druckspeicher und/oder der Pumpeneinheit kann Hydraulikflüssigkeit gemäß eines vorgegebenen Systemdrucks bereitgestellt werden. Das Reservoir ist vorzugsweise drucklos, d.h. nicht mit Systemdruck beaufschlagt. Bei dem Rücklauf- und Nachsaugtank kann es sich um getrennte Tanks handeln. Möglich ist jedoch auch, dass es sich beim Rücklauf- und Nachsaugtank um den gleichen Tank handelt.

[0065] Die Umformmaschine umfasst ferner einen Hydraulikzylinder, der ein Zylinderrohr mit einem darin zwischen einem ersten und einem zweiten Ende verfahrbaren Kolben umfasst. Der Kolben ist mit einer Kolbenstange gekoppelt, die sich in Richtung des ersten Endes erstreckt und mit einem Bären gekoppelt oder koppelbar ist.

[0066] Der Kolben weist an der von der Kolbenstange abgewandten Seite einen sich zum zweiten Ende hin erstreckenden, insbesondere zylinderförmigen, Stangenfortsatz (oder: Kolbenfortsatz) auf. Der Stangenfortsatz kann als separate Komponente ausgebildet sein, oder durch einen endständigen Abschnitt der Kolbenstange gebildet sein, wobei in letzterem Fall die Kolbenstange den Kolben beispielsweise axial mittig durchgreifen kann, so dass die Kolbenstange an der bärseitig abge-

wandten Seite des Kolbens über diesen übersteht bzw. hinausragt und den Stangenfortsatz bildet. Der Stangenfortsatz weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner ist als der des Kolbens.

[0067] Der Hydraulikzylinder weist am zweiten Ende bzw. im Bereich des zweiten Endes eine zum Stangenfortsatz koaxiale und zum Kolben hin offene Bohrung auf, deren Innendurchmesser im Wesentlichen dem Außendurchmesser des Stangenfortsatzes entspricht, oder geringfügig kleiner ist. Dabei sind die genannten Durchmesser so gewählt, dass der Stangenfortsatz in die Bohrung eintauchen kann, insbesondere derart, dass in der Bohrung befindliche Hydraulikflüssigkeit als Bremskissen wirkt. Vorteilhafterweise ist die koaxial zum Stangenfortsatz gemessene Tiefe der Bohrung größer als diejenige Länge des Stangenfortsatzes, die in die Bohrung eintauchen kann. Insbesondere ist die Tiefe der Bohrung vorzugsweise so gewählt, dass beim Eintauchen des Stangenfortsatzes in die Bohrung dieser den Boden der Bohrung nicht berührt, d.h. vom Boden beabstandet ist. Hinsichtlich des Durchmessers der Bohrung kann dieser ein glattes Maß aufweisen, beispielsweise 45 mm, und der Stangenfortsatz kann einen geringfügig kleineren Durchmesser, beispielsweise 44,6 mm, aufweisen. Der Durchmesser der Bohrung bzw. des Stangenfortsatzes ist vorzugsweise in Abhängigkeit der Größe der Umformmaschine, z.B. in Abhängigkeit des Durchmessers des Kolbens des Hydraulikzylinders gewählt.

[0068] In Ausgestaltungen entspricht der Außendurchmesser des Kolbenfortsatzes im Wesentlichen dem Außendurchmesser der Kolbenstange, oder ist gleich wie der Außendurchmesser der Kolbenstange.

[0069] Der Hydraulikzylinder bzw. das Zylinderrohr weist im Bereich des ersten Endes einen ersten Hydraulikanschluss und im Bereich des zweiten Endes einen zweiten Hydraulikanschluss auf.

[0070] Ein Hydraulikanschluss ist dabei zu verstehen als ein Anschluss des Hydraulikzylinders, der dazu vorgesehen ist, beim hydraulischen Betrieb des Hydraulikzylinders Hydraulikflüssigkeit einem zugeordneten Zylinderraum (oder: einer Zylinderkammer) des Hydraulikzylinders zuzuführen oder von dieser abzuführen.

[0071] Zwischen dem ersten und zweiten Hydraulikanschluss sind insbesondere keine weiteren Hydraulikanschlüsse in dem vorgenannten Sinne und mit der vorbeschriebenen Funktion vorhanden. Damit kann der Hydraulikzylinder und korrespondierend die Umformmaschine konstruktiv vergleichsweise einfach aufgebaut werden.

[0072] Der zweite Hydraulikanschluss ist derart angeordnet und ausgebildet, dass der Kolben bei einer Bewegung zum zweiten Ende hin den zweiten Hydraulikanschluss verschließt, wenn der Stangenfortsatz eine dem zweiten Ende zugewandte Seite des Kolbenfortsatzes die Bohrung erreicht, insbesondere wenn der Stangenfortsatz die Öffnung der Bohrung erreicht. Vorzugsweise sind der zweite Hydraulikanschluss, der Stangenfortsatz und die Öffnung so angeordnet und ausgebildet,

dass der zweite Hydraulikanschluss durch den Kolben etwa zeitgleich mit der Öffnung durch das distale Ende des Stangenfortsatzes verschlossen werden. Ein in der Bohrung und im Ringraum um den Stangenfortsatz eingeschlossenes Hydraulikfluidvolumen kann dann als Bremskissen wirken.

[0073] Der Vorteil der kombinierten Wirkung aus Stangenfortsatz und Bohrung einerseits und Verschluss des zweiten Hydraulikanschlusses andererseits liegt in einer dadurch erreichten Bremse für die Einheit umfassend den Kolben, die Kolbenstange und den daran befestigten Bären mit Werkzeugen. Verschließt der Stangenfortsatz die Öffnung der Bohrung, wenn z.B. der Stangenfortsatz in die Bohrung eintaucht entfaltet das in Bohrung befindliche Hydraulikfluid eine Bremswirkung. Ferner erzeugt das bei Verschluss des zweiten Hydraulikanschlusses in dem um den Stangenfortsatz bestehenden Ringraum vorhandene Hydraulikfluid ebenfalls eine Bremswirkung. Mithin können der Kolben und damit verbundene Komponenten, wie die Kolbenstange, Bär, Werkzeuge usw., effizient abgebremst werden, insbesondere auch dann, wenn beispielsweise eine zur Steuerung des Hydraulikzylinders über das erste und zweite Hydraulikventil mit zugeordneten Hydraulikventilen vorgesehene Elektronik, Hydrauliksteuerung oder -regelung ausfällt oder defekt ist. Die Bohrung mit Stangenfortsatz bildet mithin eine Bremse, die unabhängig von weiteren Hydraulikkomponenten, insbesondere Steuer- oder Regeleinheiten, arbeitet. Insoweit kann die Bohrung als eine Art Bremsbuchse bezeichnet werden. Da die Bremse insbesondere unabhängig von weiteren Hydraulikkomponenten arbeitet d.h. allein durch die Struktur der Bohrung, des Stangenfortsatzes und der Lage des zweiten Hydraulikanschlusses definiert ist, können diese Komponenten, insbesondere die Bohrung mit Stangenfortsatz, auch als ein Not- oder Sicherheitsbremssystem verwendet werden. Allerdings können die Komponenten nicht nur für den Fall einer Notbremsung bei Systemausfall, sondern auch im regulären Betrieb zur Abbremsung der Bewegung des Kolbens in Richtung des zweiten Endes verwendet werden.

[0074] In Ausgestaltungen kann vorgesehen sein, dass das bei Verschluss der Öffnung durch den Stangenfortsatz ausgebildete Volumen der Bohrung und der dabei um den Stangenfortsatz ausgebildete Ringraum des zweiten Zylinderraums unter Zwischenschaltung einer Drossel, z.B. über eine Leitung, miteinander verbunden sind. Beispielsweise kann eine die Drossel enthaltende Verbindungsleitung zwischen dem Boden der Bohrung und dem um die Öffnung der Bohrung gebildeten Ringboden des zweiten Zylinderraums verlaufen. Verschließt der Stangenfortsatz die Öffnung und der Kolben den zweiten Hydraulikanschluss kann über die Drossel ein Druckausgleich zwischen dem Volumen der Bohrung und dem Volumen des Ringraums stattfinden. Dadurch kann beispielsweise eine vergleichsweise sanfte und effiziente Abbremsung erfolgen.

[0075] Der Stangenfortsatz ist vorzugsweise koaxial

zum Kolben angeordnet, wodurch Kippmomente bei der Abbremsung im Wesentlichen vermieden werden können.

[0076] In Ausgestaltungen kann der Radius des Stangenfortsatzes zwischen 1/3 bis 2/3 des Radius des Kolbens betragen, insbesondere beispielsweise das 1/2-fache des Radius des Kolbens.

[0077] Die axiale Länge des Stangenfortsatzes und/oder der Außendurchmesser des Stangenfortsatzes kann in Abhängigkeit der Größe der Umformmaschine und/oder in Abhängigkeit des Durchmessers des Kolbens des Hydraulikzylinders.

[0078] In Ausgestaltungen sind die Kolbenstange und der Stangenfortsatz einstückig hergestellt. Beispielsweise kann sich die Kolbenstange durch den Kolben hin- durch erstrecken und in Richtung des zweiten Endes über den Kolben überstehen, wobei der Überstand bzw. der überstehende Teil oder ein über den Kolben überstehender Teil den Stangenfortsatz bilden kann. Möglich ist hingegen auch, dass Kolbenstange und Stangenfortsatz zwei separate Bauteile sind, die an gegenüberliegenden Enden des Kolbens befestigt oder festgelegt sind. Die Kolbenstange, sei es mit oder ohne Stangenfortsatz, kann als Ganzes z.B. aus einem geschmiedeten Rohling hergestellt sein, wodurch eine vorteilhafte mechanische Stabilität erreicht werden kann.

[0079] Gemäß Ausgestaltungen ist die jeweilige Ringfläche des Kolbens, d.h. die durch die stirnseitige Kolbenfläche gebildete Fläche abzüglich der Querschnittsfläche der Kolbenstange bzw. des Stangenfortsatzes im Wesentlichen oder etwa gleich groß (z.B. im Rahmen von Abweichungen von bis zu 5 % oder 10 %) mit wie die Querschnittsfläche der Kolbenstange bzw. des Stangenfortsatzes. Beträgt beispielsweise der Durchmesser der Kolbenstange bzw. des Stangenfortsatzes 45 mm, was einer Fläche von ca. 15,9 cm² entspricht, und beträgt der Durchmesser des Kolbens z.B. 63mm, was einer Fläche von ca. 31,2 cm² entspricht, so ergibt sich für die Ringfläche: 31,2 cm² - 15,9 cm² = 15,3 cm² bei einer Kolbenstangenfläche von 15,9 cm². Bei diesem Beispiel entspricht die Ringfläche im Wesentlichen der Kolbenstangenfläche bzw. der Stangenfortsatzfläche, insbesondere im Rahmen einer Abweichung zwischen 3,5 % und 4 %.

[0080] Nach Ausgestaltungen kann der erste Hydraulikanschluss mit dem Hydraulickreis derart verbunden oder verbindbar sein, dass ein mit dem ersten Hydraulikanschluss verbundener und diesem nachgeschalteter erster Zylinderraum des Hydraulikzylinders mit einem vorgegebenen Systemdruck beaufschlagt oder beaufschlagbar ist, insbesondere mit dem von der Einheit zur Erzeugung des Systemdrucks erzeugten Druck, beispielsweise einem Druckspeicher und/oder einer Pumpeneinheit. Beim Betrieb des Hydraulikzylinders ist der erste Zylinderraum vorzugsweise stets mit Systemdruck beaufschlagt. Mithin liegt in dem aufgrund der durch den ersten Zylinderraum verlaufenden Kolbenstange als Ringraum ausgebildeten ersten Zylinderraum der System-

druck an. Der von der Kolbenstange abgewandte zweite Zylinderraum ist, abgesehen von dem um den Stangenfortsatz ausgebildeten Ringvolumen, hohlzylindrisch, d.h. nicht gänzlich als Ringraum, ausgebildet. Liegt beim Betrieb in zweiten Zylinderraum in einer Betriebsphase ebenfalls der Systemdruck an, ergibt sich eine Kraft, mit welcher der Kolben in Richtung des ersten Endes beschleunigt wird.

[0081] Eine Bewegung bzw. Beschleunigung des Kolbens hin zum ersten Ende wird vorzugsweise für einen Arbeitshub verwendet, bei dem der mit dem Kolben gekoppelte Bär auf eine für die Umformung oder für einen Schlag vorgesehene Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird. Vorzugsweise erfolgt die Bewegung beim Arbeitshub von oben nach unten. Bei einem Arbeitshub wird der zweite Zylinderraum mit Hydraulikfluid gefüllt, vorzugsweise zumindest zeitweise durch Beaufschlagung mit Systemdruck. Mithin kann der zweite Zylinderraum auch als ein Hubraum bezeichnet werden. Korrespondierend dazu kann eine zum zweiten Ende hin erfolgende Bewegung des Kolbens für einen Rückhub, vorzugsweise eine Bewegung von unten nach oben, verwendet werden, bei welchem der Kolben respektive Bär in eine zur Ausführung eines darauffolgenden Arbeitshubs bzw. Schlags vorgesehene Ausgangsposition bewegt wird. Mithin kann der erste Zylinderraum, der insbesondere als Ringraum ausgebildet ist, als ein Rückhubraum des Hydraulikzylinders bezeichnet werden.

[0082] Vorzugsweise ist der Hydraulikzylinder in der betriebsfertig eingerichteten Umformmaschine im Wesentlichen vertikal angeordnet, d.h. dass sich der Kolben längs einer vertikalen Achse bewegt, wobei das erste Ende unten und das zweite Ende oben gelegen ist. Ein Umformzyklus kann dabei dadurch ausgeführt werden, dass der Rückhubraum und der Hubraum bei Auslösung des Arbeitshubs mit Systemdruck beaufschlagt werden, wodurch sich eine nach unten zum ersten Ende hin wirkende Kraft ergibt, die zusammen mit der Gewichtskraft von Kolben, Kolbenstange und Bär und ggf. weiteren Komponenten, wie Werkzeugen am Bären, eine Beschleunigung des Bären nach unten hin bewirken. Nach Ausführen einer Umformung oder eines Schlags kann der Hubraum z.B. drucklos mit einem Reservoir, beispielsweise einem Rücklaufftank, verbunden werden, so dass der im Rückhubraum wirkende Systemdruck einen Rückhub nach oben hin bewirkt. Durch geeignete Steuerung oder Regelung der Hydraulikströme in und aus den Zylinderräumen kann der Bär beim Arbeitshub auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt werden und beim Rückhub an einer für eine nachfolgende Umformoperation gewünschte Ausgangsposition bzw. Startposition positioniert werden. Geeignete Hydrauliksteuerungen und damit einhergehende Systemkonfigurationen werden weiter unten noch genauer beschrieben. Allen Ausgestaltungen ist jedoch gemein, dass der Stangenfortsatz und die Bohrung bei Bedarf am zweiten Ende als Bremse zum Abbremsen der Rückhubbewegung wirken.

[0083] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst

der Hydraulikkreis eine mit dem zweiten Hydraulikan-
schluss verbundene oder verbindbare Ventileinheit. Der
Hydraulikkreis und die Ventileinheit sind vorzugsweise
so eingerichtet, dass ein bzw. der mit dem zweiten Hy-
draulikanschluss verbundener zweiter Zylinderraum des
Hydraulikzylinders bei Ausführung eines Arbeitshubs
über die Ventileinheit wahlweise zumindest zeitweise mit
Hydraulikdruck, insbesondere zumindest zeitweise mit
dem Systemdruck, beispielsweise durch Verbindung mit
dem Druckspeicher, beaufschlagbar oder zumindest
zeitweise drucklos mit dem Reservoir, z.B. einem Rück-
lauf tank, verbindbar ist. Beispielsweise kann in einer Be-
schleunigungsphase nach Auslösen eines Arbeitshubs
zur Beschleunigung des Bären auf die Sollgeschwindig-
keit die Ventileinheit so gesteuert oder geregelt werden,
dass der zweite Zylinderraum mit Systemdruck beauf-
schlagt ist, beispielsweise mit dem Druckspeicher ver-
bunden ist. Nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit
und/oder beim Rückhub kann die Ventileinheit so gesteu-
ert oder geregelt werden, dass der zweite Zylinderraum
z.B. drucklos mit dem Rücklauf tank verbunden ist.

[0084] Nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit kann
der zweite Zylinderraum beim Arbeitshub beispielsweise
mit einem Nachsaug tank verbunden werden, so dass Hy-
draulikfluid in den zweiten Zylinderraum entsprechend
der Volumenvergrößerung des zweiten Zylinderraums
infolge der Bewegung des Kolbens zum ersten Ende hin
im Wesentlichen drucklos nachgesaugt werden kann.
Das Nachsaugen nach Erreichen der Sollgeschwindig-
keit bzw. ein korrespondierenden Nachsaugvolumen-
strom wird durch die Ventileinheit vorzugsweise so ge-
regelt oder gesteuert, dass die Sollgeschwindigkeit im
Wesentlichen erhalten bleibt und/oder dass einen vorge-
gebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird. Bei-
spielsweise kann der Nachsaugvolumenstrom so gere-
gelt oder gesteuert werden, dass ein Kräftegleichgewicht
zwischen Gewichtskräften und Druckkräften im zweiten
Zylinderraum einerseits und Druckkräften im ersten Zy-
linderraum andererseits herrscht. Kann kein Kräfte-
gleichgewicht erreicht werden, so wird der Nachsaugvo-
lumenstrom vorzugsweise derart geregelt und/oder ge-
steuert, dass der Bär eine vorgegebene Umformge-
schwindigkeit erreicht. Vorteilhafter Weise wird die Be-
schleunigungsphase und/oder die Nachsaugphase der-
art geregelt oder gesteuert, dass der Hydraulikdruck in
den vom Nachsaugen betroffenen Teilen des Hydraulik-
kreises oberhalb des Kavitationsdrucks der Hydraulik-
flüssigkeit liegt.

[0085] Nach erfolgter Umformung kann der zweite Zy-
linderraum über die Ventileinheit mit einem drucklosen
Reservoir, z.B. einem Rücklauf tank, verbunden werden,
so dass der im ersten Zylinderraum herrschende Sys-
temdruck die Rückhubbewegung bewirkt. Beim Rückhub
kann durch Steuern oder Regeln der Ventileinheit ein
aus dem zweiten Zylinderraum in das Reservoir bzw. den
Rücklauf tank ergebender Rückhubvolumenstrom bei-
spielsweise so gesteuert oder geregelt werden, dass die
Rückhubbewegung an einer vorgegebenen Ausgangs-

oder Startposition für einen nachfolgenden Arbeitshub
endet. Damit ist es z.B. möglich, die Ausgangs- oder
Startposition des Kolbens im Zylinderrohr im Wesentli-
chen beliebig zu wählen, was bedeutet, dass durch ge-
eignete Steuerung oder Regelung des Rückhubs durch
die Ventileinheit die Ausgangsposition nicht zwingend
am zweiten Ende gelegen ist, bzw. nicht ausschließlich
durch die aus Stangenfortsatz und Bohrung definierte
Bremse festgelegt ist. Weitere Einzelheiten hierzu wer-
den weiter unten genauer beschrieben.

[0086] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung um-
fasst die Ventileinheit ein mit dem zweiten Hydraulikan-
schluss verbundenes oder verbindbares steuer- oder re-
gelbares erstes Hydraulikventil, beispielsweise ein
Schlagventil zur Auslösung eines Umformschlags bzw.
eines Arbeitshubs, und ein mit dem zweiten Hydraulik-
anschluss verbundenes oder verbindbares steuer- oder
regelbares zweites Hydraulikventil, beispielsweise ein
Steigventil zur Ausführung eines Rückhubs.

[0087] Das erste Hydraulikventil ist dazu eingerichtet,
in einer Schaltstellung bzw. Steuer- oder Regelstellung,
den zweiten Zylinderraum bei Ausführung des Arbeits-
hubs über den zweiten Hydraulikanschluss zumindest
zeitweise mit Hydraulikdruck, insbesondere System-
druck, beispielsweise durch Verbindung mit dem Druck-
speicher, zu beaufschlagen. Das zweite Hydraulikventil
ist dazu eingerichtet, in einer Schaltstellung bzw. Steuer-
oder Regelstellung, den zweiten Zylinderraum über den
zweiten Hydraulikanschluss bei Ausführung des Arbeits-
hubs zumindest zeitweise drucklos mit dem mit dem Re-
servoir, insbesondere einem Nachsaug tank, zu verbind-
en. Mithin kann eine Steuerung oder Regelung des Ar-
beitshubs vorgesehen bzw. eingerichtet sein, durch wel-
che das erste Hydraulikventil so angesteuert, z.B. geöff-
net, wird, dass zur Auslösung eines Arbeitshubs und zur
Beschleunigung des Bären auf die Sollgeschwindigkeit
der zweite Zylinderraum mit Systemdruck beaufschlagt
ist. Die Öffnung bzw. Öffnungsweite des ersten Hydrau-
likventils kann beispielsweise so gesteuert oder geregelt
werden, dass die aus dem zweiten Zylinderraum resul-
tierenden Druckkräfte auf den Kolben größer sind als die
aus dem ersten Zylinderraum, beispielsweise aus dem
Systemdruck, resultierenden Druckkräfte. Insbesondere
ist es möglich, die Beschleunigung bzw. den Beschleu-
nigungsvorgang zu regeln oder zu steuern, beispielswei-
se gemäß einer vorgegebenen Sollkurve für die Bewe-
gung bzw. Beschleunigung und/oder in Abhängigkeit der
gewünschten Sollgeschwindigkeit bzw. Umformge-
schwindigkeit.

[0088] Nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit kann
die Steuerung oder Regelung vorsehen, dass das erste
Hydraulikventil z.B. geschlossen und das zweite Hydrau-
likventil geöffnet wird, so dass Hydraulikflüssigkeit in den
zweiten Zylinderraum z.B. drucklos aus dem Reservoir,
z.B. dem Nachsaug tank, nachgesaugt wird. Vorzugswei-
se wird die Öffnung bzw. Öffnungsweite des zweiten Hy-
draulikventils und mithin der Nachsaugvolumenstrom so
gesteuert oder geregelt, dass sich Kolben im Wesentli-

chen mit der Sollgeschwindigkeit weiterbewegt, bzw. dass die Umformgeschwindigkeit erreicht wird und/oder der Druck oberhalb des Kavitationsdrucks liegt, d.h. dass kein so niedriger Druck erreicht wird, dass sich die im Öl gelöste Luft freisetzt (Kavitation).

[0089] Der beschriebene Betrieb der Umformmaschine mit lediglich zwei Hydraulikanschlüssen und der vorgeschlagenen Bremseinheit aus Zylinderfortsatz und Bohrung ermöglichen insbesondere eine genaue Einstellbarkeit der Sollgeschwindigkeit bzw. Umformgeschwindigkeit des Bären bei gleichzeitig abgesichertem Betrieb, beispielsweise bei einem Ausfall der Steuerung oder Regelung der Hydraulikventile.

[0090] Nach Ausgestaltungen können die Ventile bzw. Hydraulikventile eine integrierte Sicherheitsstufe aufweisen. Konkret kann eine integrierte Sicherheitsstufe so umgesetzt sein, dass ein dem Hydraulikventil zugeordnetes oder ein in dieses integriertes Sicherheitsventil mit Druck zu beaufschlagen ist, bevor das eigentliche Hydraulikventil, z.B. ein Kolben eines Cartridge-Ventils, gesteuert oder geregelt werden kann, bzw. zur Steuerung oder Regelung durch die Sicherheitsstufe freigegeben wird.

[0091] Nach Ausgestaltungen kann z.B. dem Schlagventil eine entsprechende Sicherheitsstufe zugeordnet sein. Mit einer derartigen Sicherheitsstufe kann z.B. die Annahmefähigkeit der Umformmaschine bzw. des Hammers realisiert werden. Ist beispielsweise die Sicherheitsstufe mit Druck beaufschlagt entspricht das einem Betriebszustand, in dem die Ausführung eines Schlags freigegeben ist.

[0092] Vorteilhafterweise sind die Hydraulikventile elektrisch angesteuert und im stromlosen Zustand geschossen. Dadurch können, z.B. bei Stromausfall, unkontrollierbare Bewegungen des Bären bzw. Hydraulikzylinders vermieden werden, da in dem Hydrauliksystem, z.B. im Speicher, auch bei stromlosen Ventilen ein Druck bzw. der Systemdruck anliegt.

[0093] Nach einer Ausgestaltung ist das erste Hydraulikventil dazu eingerichtet, bzw. wird so gesteuert oder geregelt, dass dieses zumindest zeitweise bei dem Arbeitshub, beispielsweise in der Beschleunigungsphase des Bären, und/oder zumindest zeitweise während eines Rückhubs, vorzugsweise im Wesentlichen während des gesamten Rückhubs eine Schließstellung einnimmt. Das erste Hydraulikventil wird bei einem Arbeitshub vorzugsweise in die Schließstellung geregelt oder gesteuert, wenn die Sollgeschwindigkeit erreicht ist und der zweite Zylinderraum über das zweite Hydraulikventil mit dem Reservoir bzw. Nachsaugtank verbunden ist. Insbesondere kann das zweite Hydraulikventil dazu eingerichtet sein, bzw. wird so gesteuert oder geregelt werden, dass der zweite Zylinderraum drucklos mit dem mit dem Reservoir bzw. Nachsaugtank verbunden ist, wenn das erste Hydraulikventil in der Schließstellung ist, beispielsweise nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit. Dazu kann das zweite Hydraulikventil in die oder eine Offenstellung gesteuert oder geregelt werden.

[0094] Nach einer Ausgestaltung umfasst die Umformmaschine des Weiteren eine Hydrauliksteuereinheit, insbesondere Kontrolleinheit bzw. Steuereinheit, zur Steuerung und/oder Regelung des Hydraulikkreises, insbesondere der Hydraulikventile, wobei die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet, insbesondere programmiert, ist zum Betrieb, insbesondere zur Steuerung oder Regelung, einer hydraulischen Umformmaschine nach einem der hierin beschriebenen erfindungsgemäßen Ausgestaltungen.

[0095] Die Hydrauliksteuereinheit umfasst einen Prozessor und/oder eine Steuerelektronik oder Regelelektronik, der oder die zur Steuerung oder Regelung der Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks vorgesehenen Arbeitshubs so eingerichtet ist, dass

- in einer ersten Phase das erste Hydraulikventil geöffnet ist und der Bär in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird,
- in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase, insbesondere nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit, die Öffnungsweite auf eine vorgegebene Nachströmöffnungsweite reduziert bzw. verringert ist bzw. wird, und
- das erste Hydraulikventil im Bereich der Umformposition des Bären und während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist bzw. wird.

[0096] Wegen weitere Ausgestaltungen der Hydrauliksteuereinheit und bezüglich Vorteilen und vorteilhaften Wirkungen der Hydrauliksteuereinheit wird auf die Ausführungen zur hydraulischen Umformmaschine verwiesen, die bei der Hydrauliksteuereinheit entsprechend anwendbar sind.

[0097] Alle Betriebsweisen der hydraulischen Umformmaschine und der Steuereinheit bzw. der Hydrauliksteuereinheit können im Rahmen der Erfindung auch als Betriebsverfahren beansprucht werden, wobei entsprechende funktionelle Merkmale als Verfahrensschritte zu verstehen sind. Ein Entsprechendes Verfahren kann für die vorweg genannte Hydrauliksteuereinheit bzw. für eine entsprechende Umformmaschine die folgenden Verfahrensschritte vorsehen:

- in einer ersten Phase des Arbeitshubs, Öffnen des ersten Hydraulikventils, und Beschleunigen des Bären auf eine Sollgeschwindigkeit,
- in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase, insbesondere nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit, Reduzieren der Öffnungsweite auf eine vorgegebene Nachströmöffnungsweite, und
- Schließen des ersten Hydraulikventils im Bereich der Umformposition des Bären und während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs.

[0098] Gemäß Ausgestaltungen der Hydrauliksteuereinheit kann vorgesehen sein, dass

- der Hydraulikkreis des Weiteren ein zweites Hydraulikventil umfasst, das mit dem Hydraulikanschluss verbunden ist, und wobei die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, eine Öffnungsweite des zweiten Hydraulikventils, welches vorzugsweise als ein Proportionalventil ausgebildet ist, so zu steuern, dass bei einem entgegengesetzt zum Arbeitshub erfolgenden Rückhub eine Ausgangsposition des Bären für einen nachfolgenden Arbeitshub variabel einstellbar ist und/oder
- die Umformmaschine des Weiteren eine Messeinheit zur Ermittlung der Position des Bären umfasst, wobei die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer von der Messeinheit für einen vorausgehenden Arbeitshub ermittelten Umformposition, einen oder mehrere Betriebsparameter, wie eine Ausgangsposition und/oder eine Sollgeschwindigkeit und/oder eine Schlagenergie des Bären, für einen darauffolgenden Arbeitshub zu ermitteln, wobei, vorzugsweise, ein initialer Arbeitshub als ein bei minimaler Schlagenergie ausgeführter Richtschlag eingerichtet ist, und/oder
- die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Ausgangsposition und einer variablen Umformposition (Umkehrposition/Ruheposition), insbesondere einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Umformposition, die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils zu steuern, insbesondere derart, dass der Arbeitshub, insbesondere ein Umformschlag, mit einer jeweils geeigneten, vorzugsweise vorgegebenen, insbesondere einer jeweils maximal erreichbaren, Schlagenergie ausführbar ist und/oder
- die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, eine Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs variabel einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit zumindest eines Betriebsparameters des Hydraulikzylinders bezüglich eines oder mehrerer vorangehender Arbeitshübe, wobei es sich bei dem Betriebsparameter vorzugsweise um einen durch eine oder mehrere Sensoreinheiten erfassten Betriebsparameter handelt, und/oder
- die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, bei vorgegebener Umformenergie eine Ausgangsposition für einen Arbeitshub zu ermitteln und durch Steuerung und/oder Regelung des zweiten Hydraulikventils bei einem Rückhub einzustellen, wobei die Hydrauliksteuereinheit vorzugsweise dazu eingerichtet ist, die Ausgangsposition auf Grundlagen einer freien Weglänge des Bären zwischen Ausgangsposition und Umformposition eines vorangehenden Arbeitshubs variabel einzustellen.

[0099] Nach einer insbesondere unabhängig bean-

spruchbaren Ausgestaltung umfasst die Umformmaschine des Weiteren eine Kontrolleinheit bzw. Steuereinheit (oder: Hydrauliksteuereinheit) zur Steuerung und/oder Regelung des Hydraulikkreises, insbesondere der Hydraulikventile, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet, insbesondere programmiert, ist:

- bei einem Arbeitshub und zur Beschleunigung des Bären auf eine Sollgeschwindigkeit den zweiten Zylinderraum mit Hydraulikdruck, beispielsweise mit Systemdruck, zu beaufschlagen,
- bei dem Arbeitshub und nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit der zweite Zylinderraum im Wesentlichen drucklos zu schalten oder mit Hydraulikdruck zu beaufschlagen, der gegenüber dem Systemdruck reduziert ist, z.B. derart, dass am Kolben ein Kräftegleichgewicht herrscht und/oder die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen beibehalten wird; und
- bei einem Rückhub der zweite Zylinderraum drucklos zu schalten; wobei
- der erste Zylinderraum während des Arbeitshubs und Rückhubs mit Systemdruck beaufschlagt ist.

[0100] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist Steuereinheit dazu eingerichtet, insbesondere programmiert:

a) bei dem Arbeitshub das erste Hydraulikventil in eine Offenstellung zu steuern oder zu regeln, bei der der zweite Zylinderraum über das erste Hydraulikventil mit Hydraulikdruck, beispielsweise zumindest zeitweise mit dem (vollen) Systemdruck, beaufschlagt ist bzw. wird bis eine vorgegebene Sollgeschwindigkeit des Bären erreicht ist, und gleichzeitig das zweite Hydraulikventil in eine Geschlossenstellung zu steuern oder regeln,

b) bei dem Arbeitshub und nach bzw. bei Erreichen der Sollgeschwindigkeit

b1) das erste Hydraulikventil in eine Geschlossenstellung zu steuern oder regeln, und durch Steuerung oder Regelung des zweiten Hydraulikventils in eine Offenstellung den zweiten Zylinderraum über das zweite Hydraulikventil und/oder über ein Nachsaugventil mit dem Reservoir, insbesondere einem Nachsaugtank, zu verbinden und einen Nachsaugvolumenstrom im zweiten Zylinderraum zu erzeugen, mit dem die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder mit dem im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird; oder

b2) durch Steuern oder Regeln der Offenstellung des ersten Hydraulikventils über das erste Hydraulikventil und/oder über ein Nachsaugventil einen Nachströmvolumenstrom in den zweiten Zylinderraum zu erzeugen, mit dem die

Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder mit dem im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird, wobei das zweite Hydraulikventil dabei vorzugsweise in die Geschlossenstellung gesteuert oder geregelt ist;

c) bei einem sich an den Arbeitshub anschließenden Rückhub das mit dem zweiten Hydraulikanschluss verbundene zweite Hydraulikventil in die Offenstellung und das mit dem zweiten Hydraulikanschluss verbundene erste Hydraulikventil in die Geschlossenstellung zu steuern oder regeln.

[0101] Kurz gefasst bewirkt die Steuereinheit gemäß a) einen Betrieb, bei welchem der Bär durch gesteuerte oder geregelte Beaufschlagung des zweiten Zylinderarms mit Hydraulikdruck beschleunigt wird, beispielsweise auf eine Sollgeschwindigkeit, die beispielsweise im Wesentlichen einer vorgegebenen Umformgeschwindigkeit entspricht bzw. mit der die Umformgeschwindigkeit im Umformzeitpunkt erreicht wird.

[0102] Dabei wird für die schlagende Umformmaschine die Sollgeschwindigkeit erreicht, bevor das Werkzeug auf dem Werkstück bzw. dem Schmiedeteil auftrifft. Das bedeutet, dass der Beschleunigungsvorgang vor dem Auftreffen des Werkzeugs auf dem Werkstück bzw. Schmiedeteil abgeschlossen ist. Im Verfahrensablauf ist das erste Hydraulikventil, bzw. Schlagventil jedenfalls spätestens dann tatsächlich geschlossen, wenn die Umformung beginnt bzw. der Bär die Richtung ändert, d.h. sich in Rückhubrichtung bewegt. Da das Hydrauliksystem eine gewisse Reaktionszeit aufweist, kann das erste Hydraulikventil bzw. Schlagventil entsprechend angesteuert werden, derart, dass dieses sicher geschlossen ist, wenn die Umformung beginnt bzw. der Bär die Richtung ändert. Ansonsten wäre noch Systemdruck im Kolbenraum und zusätzlich würde der umkehrende Bär Hydraulikfluid nach oben schieben, was unkontrollierbar hohe Druckspitzen zur Folge hätte, verbunden mit Schäden am Hydrauliksystem und/oder Hydraulikzylinder.

[0103] Gemäß Ausgestaltungen sind die Beschleunigungsphase a) und insbesondere die Phasen b1) bzw. b2) so eingerichtet, dass im Hydraulikfluid keine Kavitation entsteht. Insbesondere können die Beschleunigungsphase und die nachfolgende Phase mit dem Nachströmolumenstrom so aufeinander abgestimmt sein, dass der Druck im Hydraulikfluid oberhalb des Kavitationsdrucks liegt.

[0104] Im Verfahrensablauf der schlagenden Umformmaschine ist vorgesehen, dass das zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil sicher geöffnet ist bzw. auf das Reservoir geschaltet ist bevor der Bär die Richtung wechselt, d.h. sich in Rückhubrichtung bewegt. Um den Reaktionszeiten des Systems Rechnung zu tragen kann das zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil so angesteuert werden, dass dieses sicher geöffnet ist, wenn der Bär die Richtung wechselt. Beispielsweise kann das Steig-

ventil bzw. zweite Hydraulikventil bereits dann geöffnet werden, wenn die Beschleunigungsphase beendet ist oder wird. Wäre das Steigventil nicht offen gäbe es keinen Weg für das Hydraulikfluid, das der Bär bei dieser Richtungsänderung verschiebt, und was zu Schäden infolge hoher Drücke führen würde.

[0105] Mithin kann am Ende der Beschleunigungsphase eine Überdeckung aus "Schlagen Ende" und "Steigen Anfang" vorliegen, beispielsweise wenn das erste Hydraulikventil bzw. Schlagventil und das zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil in einer Überlappungsphase gleichzeitig offen sind. In diesem Zustand bzw. der Überlappungsphase ist der Bär im Wesentlichen aus der Regelung genommen (der Bär wird "losgelassen"), und kann dann das Werkstück schlagend umformen. Insbesondere kann mithin vorgesehen sein, dass der Bär zumindest während der Umformung, vorteilhafterweise - unter Berücksichtigung der Reaktionszeiten des Hydrauliksystems - bereits vor der Umformung, aus der Regelung genommen ist.

[0106] Gemäß Schritten b1) und b2) kann der Nachsaugvolumenstrom zumindest teilweise über ein Nachsaugventil erzeugt werden, wobei bei dieser Betriebsweise der Nachsaugvolumenstrom entweder vollständig über das Nachsaugventil oder über das Nachsaugventil und das erste/zweite Hydraulikventil erzeugt werden kann. Möglich ist, wie Schritte b1) und b2) ausführen, insbesondere, dass der Nachsaugvolumenstrom über das erste/zweite Hydraulikventil erfolgt, so dass ein Nachsaugventil nicht zwingend erforderlich ist.

[0107] Für den Verlauf nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit gibt es beispielsweise die beiden folgenden zwei Alternativen für den weiteren Arbeitshub.

[0108] In einer Arbeitsweise nach b1) kann das erste Hydraulikventil geschlossen und das zweite Hydraulikventil kann geöffnet werden. Es resultiert ein Systemseitig druckloser Nachsaugvolumenstrom in den zweiten Zylinderraum der die Volumenvergrößerung des zweiten Zylinderraums durch nachgesaugtes Hydraulikfluid kompensiert bzw. ausgleicht. Dabei kann die Offenstellung des zweiten Hydraulikventils so geregelt oder gesteuert werden, sollte das erforderlich sein, dass die Sollgeschwindigkeit erhalten bleibt und/oder die Umformgeschwindigkeit erreicht wird. Der Nachsaugvolumenstrom kann alternativ oder zumindest auch teilweise über ein separates Nachsaugventil erfolgen.

[0109] In der alternativen Arbeitsweise nach b2) kann vorgesehen sein, dass das erste Hydraulikventil nicht komplett geschlossen wird, wobei das zweite Hydraulikventil vorzugsweise geschlossen bleibt. Beispielsweise kann das erste Hydraulikventil nur teilweise in die Geschlossenstellung geregelt oder gesteuert werden, so dass sich ein druckbasierter Nachströmolumenstrom einstellt, der im zweiten Zylinderraum einen gegenüber dem Systemdruck verringerten Druck erzeugt. Der Nachströmolumenstrom kann dabei so geregelt oder gesteuert werden, dass der Bär nicht weiter beschleunigt wird und die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten

bleibt. Die Steuerung und/oder Regelung der Ventile kann beispielsweise auf Grundlage vorgegebener Steuer- und/oder Regelungskurven erfolgen, die z.B. aus einem Testbetrieb der Umformmaschine und/oder durch Simulation ermittelt werden können. Auch bei dieser Betriebsweise ist ein Nachsaugvolumenstrom über ein Nachsaugventil möglich, der über das Nachsaugventil und/oder das erste Hydraulikventil erfolgen kann.

[0110] Wird das erste Hydraulikventil bzw. das Schlagventil am Ende der Beschleunigungsphase geschlossen, entweder ganz, was mit einem Nachsaugen einhergehen würde oder nur teilweise, was mit einem Nachströmen einhergehen würde, kommt es infolge des an der Ringseite des Hydraulikzylinders anliegenden Systemdrucks zu einer Bremswirkung auf den Bären. Insoweit ist die Formulierung wonach "die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen beibehalten wird" bzw. "im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird" so zu verstehen, dass die Beschleunigungsphase so eingerichtet ist, dass trotz möglicherweise auftretender Bremskräfte nach dem Zeitpunkt, in dem durch zumindest teilweises Schließen des ersten Hydraulikventils die Beschleunigungsphase beendet wird, die zur Umformung vorgesehene Geschwindigkeit des Bären vorliegt. Soll beispielsweise ein Schlag mit 5 m/s, was z.B. 100% Energievorwahl an der Umformmaschine entsprechen kann, ausführt werden, und die Beschleunigungsphase erstreckt sich über einen Hub von 450 mm, bei einem zur Verfügung stehenden maximalen Hub von 500 mm bis das Werkzeug das Werkstück bzw. Schmiedeteil trifft, ergibt sich ein verbleibender Weg von 50 mm. Wirken auf diesem Weg Bremskräfte, d.h. gegen die Hubbewegung gerichtete Kräfte, d.h. es herrscht kein Kräftegleichgewicht, ist die Geschwindigkeit des Bären dem Hub von 450 mm leicht höher (z.B. 0,2 m/s) als bei 500 mm. Entsprechende Bremskräfte bzw. Bremswirkungen können, sofern für die Umformung und die Sollgeschwindigkeit relevant, bei der Ansteuerung des ersten Hydraulikventils bzw. Schlagventils, bzw. bei der Steuerung bzw. Regelung der Beschleunigungsphase berücksichtigt werden.

[0111] In der Nachsaugphase bzw. Nachströmphase kann eine gewisse, der Bewegung des Bären entgegenwirkende Kraft, z.B. eine vertikal nach oben wirkende Kraft bei einer Abwärtsbewegung des Bären beim Hub, gewünscht sein. Eine solche Kraft kann zumindest die anfängliche Beschleunigung für den Rückhub, die durch den Rückprall entsteht, verstärken. Damit kann erreicht werden, dass sich das Werkzeug, insbesondere das Oberwerkzeug, in kürzerer bzw. kürzester Zeit (z.B. wenige Millisekunden) wieder vom Werkstück, insbesondere dem Unterwerkzeug trennt. Kurze Druckberührzeiten sind vorteilhaft für lange Werkzeugstandzeiten.

[0112] Ein Rückprall entsteht immer dann, wenn der Bär mehr kinetische Energie mitbringt, als bei einer Umformung bzw. einem Schlag in Umformarbeit umgewandelt werden kann.

[0113] Besonders vorteilhaft bei der vorgeschlagenen

Umformmaschine und dem Verfahren zur Umformung ist, dass die auf die Beschleunigungsphase (geöffnetes Schlagventil) folgende Bremsphase optimiert werden kann, so dass optimale Umformschläge eingerichtet bzw. erreicht werden können.

[0114] Wie erwähnt, kann die Umformmaschine so eingerichtet sein, dass sich der Bär bei der Beschleunigung abwärts, und beim Rückhub nach oben bewegt. Die Bewegung des Bären erfolgt dabei vertikal mit einem bewegten Oberwerkzeug.

[0115] In der Arbeitsweise nach c), die dem Rückhub entspricht, wird das erste Hydraulikventil geschlossen und das zweite Hydraulikventil in eine Offenstellung geregelt oder gesteuert, wobei der zweite Zylinderraum drucklos mit dem Reservoir bzw. Rücklaufftank verbunden wird. Der im ersten Zylinderraum anliegende Systemdruck bewirkt die Rückhubbewegung. Durch Steuern oder Regeln der Offenstellung des zweiten Hydraulikventils beim Rückhub, kann die effektiv wirkende Rückhubkraft gezielt gesteuert oder geregelt werden, insbesondere derart, dass der Kolben an einer für einen nächsten Arbeitshub gewünschten Ausgangsposition zum Stehen kommt. Die Ausgangsposition kann im Wesentlichen auf eine beliebige Stelle zwischen dem ersten und zweiten Hydraulikanschluss bzw. zwischen den beiden Umkehrpunkten am ersten und zweiten Ende geregelt oder gesteuert werden. Dadurch ergibt sich insbesondere eine optimierte Bewegungsführung, wobei der Kolben beispielsweise nicht bei jedem Rückhub zum Umkehrpunkt bzw. Totpunkt am zweiten Ende bewegt werden muss. Es kann beispielsweise der Verschleiß verringert werden und es können exakt reproduzierbare Arbeitshübe und Sollgeschwindigkeiten eingestellt bzw. erreicht werden.

[0116] Ein Vorteil der vorgeschlagenen Umformmaschine bzw. des Verfahrens liegt auch darin, dass zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil, beispielsweise durch eine geeignete Funktion oder Rampe, gezielt bzw. gesteuert/geregelt geöffnet und geschlossen werden kann. Eine entsprechende Steuerung/Regelung kann vorsehen, dass das zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil zunächst weit geöffnet ist (es kann viel Hydraulikfluid abfließen) um den Rückprall zu kompensieren, dann kann das zweite Hydraulikventil bzw. Steigventil z.B. stetig geschlossen werden, um beim Rückhub eine zunächst sanfte Bremsung zu erzeugen, gefolgt von einem zügigeren Schließen um abschließend einen gezielten Stopp zu erhalten, z.B. an einer vorgegebenen Position mit wenig Überlauf (über die gewünschten Startposition für einen nachfolgenden Schlag) und hoher Wiederholgenauigkeit.

[0117] Nach Ausgestaltungen können zumindest zu Beginn bzw. in der Anfangsphase und/oder Beschleunigungsphase, eines auf den Rückhub folgenden weiteren Arbeitshubs das erste und zweite Hydraulikventil so umgesteuert bzw. geregelt werden, dass das erste Hydraulikventil in der Offenstellung und das zweite Hydraulikventil in der Geschlossenstellung ist.

[0118] Vorzugsweise ist während Arbeitshubs und des

Rückhub der erste Zylinderraum über den ersten Hydraulikanschluss mit dem Systemdruck beaufschlagt, vorzugsweise aus dem Druckspeicher.

[0119] Nach einer Ausgestaltung ist eine Hydraulische Umformmaschine nach einer der hierin beschriebenen Ausgestaltungen vorgesehen, welche des Weiteren ein Wegemesssystem bzw. eine Wegemesseinheit zur Erfassung der Position und/oder Geschwindigkeit des Kolbens, der Kolbenstange und/oder des Bären umfasst. Positions- und/oder Geschwindigkeitsdaten der Wegemesseinheit können bzw. werden vorzugsweise verwendet zur Steuerung oder Regelung der Hydraulikventile beim Arbeitshub, z.B. im Rahmen der Beschleunigung auf die Sollgeschwindigkeit, und/oder beim Rückhub, beispielsweise im Rahmen der Positionierung des Kolbens bzw. Bären in der Ausgangsposition oder Startposition für einen nachfolgenden Arbeitshub. Im Rahmen einer Regelung können die Sollgeschwindigkeit beispielsweise die Führungsgröße und die jeweils ermittelte Position oder Geschwindigkeit als Istwert zur Regelung der Hydraulikventile verwendet werden.

[0120] Nach einer Ausgestaltung kann der Hydraulikkreis des Weiteren zumindest einen, vorzugsweise zwei, Druckaufnehmer umfassen. Beispielsweise kann ein erster Druckaufnehmer zur Erfassung des Hydraulikdrucks im ersten Zylinderraum und ein zweiter Druckaufnehmer kann zur Erfassung des Hydraulikdrucks im zweiten Zylinderraum eingerichtet sein. Vorzugsweise sind der oder die Druckaufnehmer in einer sich an den ersten bzw. zweiten Hydraulikanschluss anschließenden Hydraulikleitung angeschlossen. Druckwerte des/der Druckaufnehmer können beispielsweise verwendet werden zur Steuerung oder Regelung des Hydraulikkreises, insbesondere der Ventileinheit bzw. der Hydraulikventile, derart, dass der Hydraulikdruck im Hydrauliksystem, insbesondere in den Zylinderräumen stets oder im Wesentlichen stets oberhalb des Kavitationsdrucks des Hydraulikfluids liegt. Die Druckwerte können ferner oder alternativ auch zur Steuerung und/oder Regelung der Hydraulikventile zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit und Umformgeschwindigkeit verwendet werden. Hierzu können der Steuerung und/oder Regelung beispielsweise vorgegebene Druckkurven bereitgestellt werden, und die Steuereinheit kann derart eingerichtet bzw. programmiert sein, dass die erfassten Hydraulikdrucke der Druckkurve folgen.

[0121] Möglich ist es insbesondere, dass die Steuereinheit so eingerichtet bzw. programmiert ist, dass die ermittelten Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Druckwerte zur Steuerung oder Regelung des Hydraulikkreises gemäß vorgegebener Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Druckverläufe verwendet werden. Beispielsweise ist es möglich, den Arbeitshub und/oder Rückhub auf Grundlage einer vorgegebenen Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Druckkurve zu steuern oder zu regeln, dahingehend, dass die jeweils ermittelten Istwerte der Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Druckkurve folgen. Positions-, Geschwindigkeits- und/oder

Druckkurve können beispielsweise in Form von Wertetabellen oder anderweitigen Vorgabedaten gegeben sein. Insbesondere können Position, Geschwindigkeit und/oder Druck als Sollwerte in Abhängigkeit der Zeit gegeben sein. Möglich ist beispielsweise auch die Verwendung eines Positions-Geschwindigkeitsprofils und/oder eines Positions-Druckprofils und/oder eines Druck-Geschwindigkeitsprofils als Sollprofil zur Steuerung oder Regelung des Arbeitshubs und/oder Rückhubs.

[0122] Nach einer Ausgestaltung kann, wie weiter oben bereits angedeutet, das Volumen der Bohrung über eine Drossel mit dem Volumen der zweiten Zylinderkammer verbunden sein, so dass die Bohrung mit dem zweiten Zylinderraum insbesondere dann über die Drossel verbunden ist, wenn der zweite Hydraulikanschluss durch den Kolben und die Öffnung durch den Stangenfortsatz verschlossen sind. Durch die Drossel kann ein Druckausgleich zwischen dem Volumen der Bohrung und dem Ringvolumen um den Stangenfortsatz erreicht werden, insbesondere wenn der Stangenfortsatz die Öffnung der Bohrung am zweiten Ende verschließt.

[0123] Nach einer Ausgestaltung ist eine Hydrauliksteuereinheit zum Betrieb, insbesondere zur Steuerung oder Regelung, einer hydraulischen Umformmaschine nach einem der hierin beschriebenen Ausgestaltungen vorgesehen. Die Hydrauliksteuereinheit umfasst einen Prozessor und/oder eine Steuerelektronik oder Regelelektronik, der oder die zur Steuerung oder Regelung des Hydraulikkreises so eingerichtet, insbesondere programmiert, ist/sind, dass diese die im Betrieb die nachfolgenden erläuterten Schritte ausführen. Insbesondere kann der Prozessor, die Steuerelektronik und/oder die Regelelektronik eine Programmierung aufweisen und/oder es können auf einer zugeordneten elektronischen Speichereinheit computerlesbare oder elektronisch lesbare Instruktionen gespeichert sein, die bei Ausführung durch den Prozessor, die Steuerelektronik und/oder die Regelelektronik die nachfolgend beschriebenen Schritte bewirken. Die Hydrauliksteuereinheit ist steuerungstechnisch und/oder regelungstechnisch zumindest mit den Hydraulikventilen zu deren Steuerung/Regelung verbunden, vorzugsweise des Weiteren mit der Wegemesseinheit und/oder den Druckaufnehmern.

[0124] Die vorgenannten Steuerung- und/oder Regelschritte können so eingerichtet sein, dass:

- a) zur Beschleunigung des Bären auf eine Sollgeschwindigkeit der zweite Zylinderraum über ein mit diesem verbundenes erstes Hydraulikventil gesteuert oder geregelt mit Hydraulikdruck beaufschlagt wird, insbesondere mit Systemdruck;
- b) nach oder bei Erreichen der Sollgeschwindigkeit

b1) über den zweiten Hydraulikanschluss (38) ein Nachströmvolumenstrom in den zweiten Zylinderraum (45) über ein Nachsaugventil er-

zeugt und/oder über den zweiten Hydraulikanschluss ein, insbesondere druckbasierter, Nachströmvolumenstrom in den zweiten Zylinderraum über das erste Hydraulikventil so gesteuert oder geregelt wird, dass die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird, oder b2) das erste Hydraulikventil geschlossen, und über ein Nachsaugventil ein Nachsaugvolumenstrom und/oder über den zweiten Hydraulikanschluss ein, insbesondere druckloser, Nachsaugvolumenstrom über ein mit dem zweiten Zylinderraum einerseits und mit dem Reservoir, insbesondere Nachsaugtank, andererseits verbundenes zweites Hydraulikventil so gesteuert oder geregelt wird, dass die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird.

[0125] Zu den genannten Schritten a), b) und b1) bzw. b2) wird auf die entsprechenden obigen Ausführungen verwiesen, die hier entsprechend gelten.

[0126] Insbesondere wird unter einem Nachströmvolumenstrom bzw. einem Nachströmen eine druckbasierte Zufuhr von Hydraulikfluid verstanden, und unter einem Nachsaugvolumenstrom bzw. einem Nachsaugen wird eine druckloses Nachsaugen von Hydraulikfluid verstanden. Beim Nachströmen wird mithin das Hydraulikfluid unter Druck, der kleiner oder gleich dem Systemdruck sein kann, zugeführt, und beim Nachsaugen wird das Hydraulikfluid ohne aktive Druckbeaufschlagung durch das System zugeführt, d.h. nachgesaugt.

[0127] Nach Ausgestaltungen ist die Hydrauliksteuerungseinheit des Weiteren dazu eingerichtet, eine Position und/oder Geschwindigkeit des Kolbens, der Kolbenstange und/oder des Bären über eine Wegemesseinheit der Umformmaschine zu ermitteln, und das erste und/oder zweite Hydraulikventil in Abhängigkeit der ermittelten Position und/oder Geschwindigkeit zu steuern oder zu regeln, vorzugsweise gemäß eines vorgegebenen oder vorgebbaren Positions- oder Geschwindigkeitsverlaufs oder -profils. Beispielsweise können basierend auf der ermittelten Position und/oder Geschwindigkeit der Nachstromvolumenstrom und/oder der Nachsaugvolumenstrom bei einem Arbeitshub und/oder der Volumenstrom aus dem zweiten Zylinderraum bei einem Rückhub basierend auf Positions- und/oder Geschwindigkeitsdaten geregelt oder gesteuert werden, insbesondere dahingehend, dass die Sollgeschwindigkeit und/oder die Umformgeschwindigkeit erreicht wird, und/oder dass eine vorgegebene Ausgangs- oder Startposition für einen nachfolgenden Arbeitshub erreicht wird.

[0128] Nach Ausgestaltungen ist die Hydrauliksteuerungseinheit des Weiteren eingerichtet, den im ersten und/oder zweiten Zylinderraum herrschenden Hydraulikdruck mittels eines ersten bzw. zweiten Druckaufnehmers der Um-

formmaschine zu ermitteln, und das erste und/oder zweite Hydraulikventil in Abhängigkeit des ermittelten Hydraulikdrucks zu steuern und/oder regeln, insbesondere gemäß eines vorgegebenen Druckverlaufs und/oder derart, dass der Hydraulikdruck im Hydraulikkreis, insbesondere in den Zylinderräumen, vorzugsweise im zweiten Zylinderraum, im Wesentlichen oberhalb des Kavitationsdrucks des Hydraulikfluids liegt.

[0129] Gemäß Ausgestaltungen ist eine hydraulische Umformmaschine nach einem der hierin beschriebenen Ausgestaltungen vorgesehen, die eine Hydrauliksteuerungseinheit nach einem der hierin beschriebenen Ausgestaltungen umfasst.

[0130] Gemäß Ausgestaltungen ist ferner ein insbesondere unabhängig beanspruchbares Verfahren zum Betrieb, insbesondere zur Steuerung oder Regelung eines Arbeitshubs und Rückhubs, eines Hydraulikzylinders einer hydraulischen Umformmaschine, insbesondere nach einem hierin beschriebenen Ausgestaltungen, bzw. ein Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Umformmaschine, insbesondere nach einem hierin beschriebenen Ausgestaltungen, vorgesehen.

[0131] Der Hydraulikzylinder umfasst ein Zylinderrohr mit einer Hubkammer, d.h. einer Zylinderkammer oder einem Zylinderraum, der bei einem Arbeitshub Hydraulikflüssigkeit zugeführt wird, und einer Rückhubkammer, d.h. einer Zylinderkammer oder einem Zylinderraum, der bei einem Rückhub Hydraulikflüssigkeit zugeführt wird.

[0132] Die Hubkammer und Rückhubkammer sind durch einen in einem Zylinderrohr des Hydraulikkolbens verfahrenbaren Kolben voneinander getrennt. Der Hydraulikzylinder umfasst ferner eine Kolbenstange, die rückhubkammerseitig verläuft und mit dem Kolben einerseits und einem Bären andererseits verbunden bzw. gekoppelt ist, einen am Kolben hubkammerseitig ausgebildeten Stangenfortsatz und eine am hubkammerseitigen Ende des Zylinderrohrs ausgebildete Bohrung. Der Innendurchmesser der Bohrung entspricht im Wesentlichen dem Außendurchmesser des Stangenfortsatzes, insbesondere derart, dass der Stangenfortsatz in die Bohrung eintauchen kann. Die Bohrung ist vorzugsweise nach Art eines Sacklochs ausgebildet und weist eine zum Stangenfortsatz hin orientierte Öffnung auf. Die Bohrung und der Stangenfortsatz sind koaxial zueinander angeordnet und ausgebildet, wobei der Stangenfortsatz vorzugsweise des Weiteren koaxial zum Kolben und der Kolbenstange ausgebildet ist.

[0133] Die Rückhubkammer weist einen ersten Hydraulikanschluss auf, und die Hubkammer weist einen zweiten Hydraulikanschluss auf. Außer den beiden Hydraulikanschlüssen sind in axialer Richtung zwischen den beiden Hydraulikanschlüssen vorzugsweise keine weiteren Hydraulikanschlüsse vorhanden. Hierbei ist unter einem Hydraulikanschluss ein Anschluss zu verstehen, über welchen der jeweils zugeordneten Kammer bzw. dem jeweils zugeordneten Zylinderraum, d.h. Hubkammer bzw. Rückhubkammer, Hydraulikflüssigkeit zugeführt bzw. abgeführt wird, zum Zwecke des aktiven

Betriebs des Hydraulikzylinders, zur Ausführung des Arbeitshubs bzw. Rückhubs.

[0134] Bei dem Verfahren wird in einer Ausgestaltung bei einem Rückhub der zweite Hydraulikanschluss durch den Kolben verschlossen, wenn der Stangenfortsatz eine dem Stangenfortsatz zugewandte Öffnung der Bohrung erreicht. Dadurch kann der Kolben beim Rückhub am zweiten Ende des Zylinderrohrs abgebremst werden.

[0135] Das Verfahren umfasst in Ausgestaltungen die folgenden Schritte, bei welchen:

a) beim Auslösen eines Arbeitshubs, insbesondere Schlags, und zumindest zeitweise während des Arbeitshubs zur Beschleunigung des Bären von einer Ausgangsposition auf eine Sollgeschwindigkeit die Hubkammer über den zweiten Hydraulikanschluss mit Hydraulikflüssigkeit druckbeaufschlagt wird, wobei die Druckbeaufschlagung durch ein mit dem zweiten Hydraulikanschluss verbundenes erstes Hydraulikventil gesteuert oder geregelt wird, und wobei ein mit dem zweiten Hydraulikanschluss verbundenes zweites Hydraulikventil in die Geschlossenstellung gesteuert, d.h. geschlossen, ist,

b) bei Erreichen der Sollgeschwindigkeit beim Arbeitshub

b1) über ein Nachsaugventil ein Nachströmvolumenstrom erzeugt und/oder die Druckbeaufschlagung und ein damit erzeugter Nachströmolumenstrom von Hydraulikfluid über das erste Hydraulikventil so gesteuert oder geregelt werden, dass die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen beibehalten wird und/oder im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird; oder

b2) das erste Hydraulikventil in die Geschlossenstellung gesteuert, bzw. geschlossen wird, und die Hubkammer bzw. der zweite Hydraulikanschluss, insbesondere drucklos, mit einem Reservoir, z.B. einem Nachsaugtank, über ein Nachsaugventil und/oder über ein zweites Hydraulikventil verbunden wird, wobei ein sich vom Reservoir über das zweite Hydraulikventil und den zweiten Hydraulikanschluss in die Hubkammer ergebender Nachsaugvolumenstrom durch Ansteuern oder Regeln des zweiten Hydraulikventils, insbesondere des Öffnungszustands des zweiten Hydraulikventils, so geregelt oder gesteuert wird, dass die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen beibehalten wird und/oder im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird.

c) bei einem Rückhub das erste Hydraulikventil geschlossen wird bzw. bleibt, das zweite Hydraulikventil geöffnet wird und der zweite Hydraulikanschluss

mit dem (drucklosen) Reservoir, z.B. einem Rücklauf tank, verbunden wird, wobei der mit Systemdruck über den Rückhubraum beaufschlagte Kolben Hydraulikflüssigkeit des Hubraums über den zweiten Hydraulikanschluss und das zweite Hydraulikventil in das Reservoir verdrängt.

[0136] Hinsichtlich Vorteilen und zu Ausgestaltungen des Verfahrens wird auf entsprechende Ausführungen zur Steuerung bzw. Regelung des Hubs bzw. Rückhubs bei der Umformmaschine verwiesen.

[0137] Hinsichtlich der Formulierungen "dass die Sollgeschwindigkeit (v(soll)) im Wesentlichen beibehalten wird" und "im Umformzeitpunkt eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird" wird auf die obigen Ausführungen verwiesen, die für alle hierin vorgeschlagenen Ausgestaltungen anwendbar sind. Insbesondere ist es beispielsweise möglich, dass die am Ende der Beschleunigungsphase erreichte Geschwindigkeit größer ist als die Geschwindigkeit bei der Umformung, beispielsweise wenn der Bär nach Ende der Beschleunigungsphase bei geöffnetem erstem Hydraulikventil z.B. durch anliegenden Systemdruck abgebremst wird. Abbremsungen können z.B. auf den letzten 5 % bis 15 %, insbesondere 10 %, des Arbeitshubs bzw. des Hubs des Hydraulikzylinders erfolgen, unmittelbar vor der Umformung, und können z.B. im Rahmen von 0,1 m/s bis 0,5 m/s, insbesondere bei etwa 0,2 m/s liegen.

[0138] Nach verfahrensgemäßen Ausgestaltungen umfasst das Verfahren des Weiteren einen oder mehrere der folgenden Schritte bzw. Merkmale:

- Ermitteln der Position und/oder Geschwindigkeit des Bären mittels einer Wegemesseinheit der Umformmaschine, und Steuern oder Regeln der Druckbeaufschlagung im Schritt a) auf Grundlage der Position und/oder Geschwindigkeit und der Sollgeschwindigkeit bzw. Umformgeschwindigkeit und/oder Steuern oder Regeln der Druckbeaufschlagung im Schritt a) auf Grundlage der ermittelten Position und/oder Geschwindigkeit und eines vorgegebenen Positions- und/oder Geschwindigkeitsverlaufs.
- Ermitteln der Position des Bären mittels einer Wegemesseinrichtung und Steuern oder Regeln des zweiten Hydraulikventils, insbesondere des Öffnungszustands des zweiten Hydraulikventils, beim Rückhub derart, dass der Bär bzw. Kolben am Ende des Rückhubs in einer vorgegebenen oder vorgebbaren, vorzugsweise variabel vorgebbaren oder variabel wählbaren, Ausgangsposition zur Ausführung eines nachfolgenden Arbeitshubs positioniert ist.
- Erfassen des Hydraulikdrucks im Hubraum mittels eines Druckaufnehmers der Umformmaschine und Steuern oder Regeln des ersten und/oder zweiten Hydraulikventils bei einem Arbeitshub, insbesondere

re nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit, auf Grundlage des erfassten Hydraulikdrucks, insbesondere derart, dass der Hydraulikdruck im Hydraulikfluid im Wesentlichen stets oberhalb des Kavitationsdrucks der Hydraulikflüssigkeit liegt.

- Der Kolben verschließt beim Rückhub den zweiten Hydraulikanschluss, wenn bzw. sobald das freie bzw. distale Ende des Stangenfortsatzes die dem Stangenfortsatz zugewandte Öffnung der Bohrung erreicht, so dass der Kolben mit Kolbenstange und mitbewegten Komponenten durch die zwischen Kolben und dem Boden der Bohrung verbleibende Hydraulikflüssigkeit abgebremst wird.
- Einstellen, insbesondere Regeln oder Steuern, der Rückhubbewegung des Kolbens zu der Ausgangsposition als Startpunkt für einen weiteren bzw. nachfolgenden Arbeitshub derart, dass der vom Kolben von der Ausgangsposition zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit zurückgelegte Weg optimiert, insbesondere maximiert oder minimiert ist, und/oder

dass eine nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit anschließende Nachströmphase gemäß b1) oder Nachsaugphase gemäß b2) optimiert, insbesondere minimiert ist.

- Zur Ausführung eines Rückhubs wird das erste Hydraulikventil geschlossen oder bleibt geschlossen, und die Hubkammer wird über den zweiten Hydraulikanschluss und das zweite Hydraulikventil mit einem Reservoir, insbesondere Rückklauf tank, verbunden, wobei ein sich von der Hubkammer in das Reservoir ergebender Rücklaufvolumenstrom durch Ansteuern oder Regeln des zwischengeschalteten zweiten Hydraulikventils vorzugsweise so geregelt oder gesteuert wird, dass der Bär bzw. der Kolben bei der Rückhubbewegung an einer vorgegebenen Position, insbesondere einer zur Ausführung eines nachfolgenden Arbeitshubs geeigneten bzw. gewünschten, insbesondere vorgegebenen, Ausgangsposition positioniert wird.
- Beim Rückhub wird der Kolben durch Steuern oder Regeln des Öffnungszustands des zweiten Hydraulikventils gesteuert oder geregelt gebremst.
- Steuern oder Regeln des Öffnungszustands des zweiten Hydraulikventils bei geschlossenem ersten Hydraulikventil bei einem Rückhub derart, dass der Kolben basierend einer erfassten Position des Kolbens, der Kolbenstange oder des Bären beim Rückhub gesteuert oder geregelt an einer vorgegebenen oder vorgebbaren Position, insbesondere Ausgangsposition zum Auslösen eines nachfolgenden Arbeitshubs, positioniert wird, wobei die Ausgangsposition vorzugsweise in Abhängigkeit der zu errei-

chenden Sollgeschwindigkeit gewählt wird oder ist, und, weiter vorzugsweise, die Ausgangsposition einer zwischen dem ersten Hydraulikanschluss und dem zweiten Hydraulikanschluss wählbaren oder vorgebbaren, insbesondere im Wesentlichen variabel wählbaren oder vorgebbaren, Position des Kolbens entspricht.

- Der Stangenfortsatz und die Bohrung wirken als eine Art Notbremse, insbesondere bei Ausfall der Hydrauliksteuerung, beispielsweise des

zweiten Hydraulikventils bei einem Rückhub. Die Bremswirkung des Stangenfortsatzes und der Bohrung kann selbstverständlich auch bei einem regulären Betrieb eingesetzt werden, wenn beispielsweise der Ausgangspunkt für einen Arbeitshub einer Position des Kolbens im Bereich des zweiten Endes entspricht.

- Das erste Hydraulikventil und das zweite Hydraulikventil werden im Verfahrensschritt b2) so gesteuert oder geregelt, dass beide Hydraulikventile im Bereich des Zeitpunkts der Erreichung der Sollgeschwindigkeit in einer Überdeckungsphase zeitweise gleichzeitig zumindest teilweise geöffnet sind so dass ein im Wesentlicher unterbrechungsfreier Hydraulikfluidstrom zur Hubkammer erreicht wird.

- Ein Nachströmen im Schritt b1) umfasst eine Zufuhr von Hydraulikfluid zur Hubkammer unter Hydraulikdruck, und ein Nachsaugen im Schritt b2) umfasst eine drucklose Zufuhr von Hydraulikfluid aus dem Reservoir, insbesondere Nachsaug tank. Beim Nachströmen ist der Druck bzw. Hydraulikdruck vorzugsweise kleiner als der Systemdruck, wobei der jeweils herrschende bzw. angelegte Hydraulikdruck im Wesentlichen beliebig geregelt oder gesteuert werden kann, insbesondere im Bereich von sehr kleinen Drücken bis hin zum Systemdruck, insbesondere von drucklos bis hin zum Systemdruck.

- Durch Steuern oder Regeln des ersten und/oder zweiten Hydraulikventils wird der Volumenstrom des Hydraulikfluids von oder zur Hubkammer gesteuert oder geregelt, und, basierend auf dem gesteuerten oder geregelten Volumenstrom wird die Geschwindigkeit und/oder Position des Bären beim Arbeitshub bzw. Rückhub eingestellt, insbesondere gesteuert oder geregelt.

- Die ersten und/oder zweiten Hydraulikventile werden so geregelt oder gesteuert werden und/oder die Ausgangsposition wird so gewählt, dass sich der Bär nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit bis zum Beginn eines Umformvorgangs mit im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit weiterbewegt und/oder dass im Umformzeitpunkt die Umformgeschwindigkeit erreicht wird.

- Als erstes und/oder zweites Hydraulikventil wird ein regelbares Hydraulikventil verwendet, vorzugsweise ein Stetig-Wegeventil, ein Proportional-Wegeventil, ein Servo-Wegeventil und/oder ein Regel-Wegeventil.
- Das erste und/oder zweite Hydraulikventil wird/werden in einer Bewegungsphase bzw. Hubphase nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit so geregelt oder gesteuert, dass der Hydraulikdruck in der Hubkammer einem vorgegebenen oder vorgebbaren Hydraulikdruck oder Druckbereich entspricht, wobei der vorgegebene oder vorgebbare Druck oder Druckbereich vorzugsweise zwischen 2 bis 6 bar, weiter bevorzugt zwischen 3 bis 4 bar beträgt. Durch eine entsprechende Steuerung und/oder Regelung kann der Hydraulikdruck so eingestellt werden, so dass dieser im Wesentlichen stets oberhalb des Kavitationsdrucks der Hydraulikflüssigkeit im Hydrauliksystem liegt.
- Das erste und/oder zweite Hydraulikventil wird/werden basierend einer Wertetabelle für Positionen, Geschwindigkeiten und/oder Sollgeschwindigkeiten des Bären, und/oder für Druckverläufe in der Hubkammer dynamisch geregelt oder gesteuert, und/oder basierend auf ermittelten Positions- und/oder Geschwindigkeitsdaten des Bären dynamisch geregelt oder gesteuert.
- Ermittelte Positions- und/oder Geschwindigkeitsdaten oder -verläufe des Bären und/oder Druckverläufe des Hydraulikdrucks in der Hubkammer und/oder Rückhubkammer werden überwacht und/oder in einer Speichereinheit gespeichert.
- Das erste und/oder zweite Hydraulikventil und ein daraus resultierender Volumenstrom an Hydraulikfluid werden derart geregelt oder gesteuert, dass die Zeitdauer bis zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Minimierung der Zeitdauer der Bewegungsphase nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit maximiert wird, wobei, optional, die Bewegungsphase zwischen 5% bis 15%, vorzugsweise etwa 10 % des Hubs des Hydraulikzylinders überstreicht.

[0139] Die verfahrensseitigen Ausgestaltungen liefern analoge Vorteile wie die der Umformmaschine und der Hydrauliksteuereinheit. Insbesondere kann ein vergleichsweise einfacher Aufbau bei gleichzeitig sicherem Betrieb erreicht werden.

[0140] Am Bären bzw. Stößel sind im Betrieb der Umformmaschine üblicherweise für die jeweilige Umformaufgabe spezifische Werkzeuge gekoppelt, die bei Einwirken auf ein umzuformendes Werkstück am Ende eines Arbeitshubs oder Presshubs das Werkstück umformen.

[0141] Der Hydraulikzylinder kann insbesondere ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder, wie z.B. ein Differenzialzylinder, sein.

[0142] Unter einem Arbeitshub wird insbesondere ein Betrieb des Hydraulikzylinders verstanden, der in einer Umformoperation mündet. Unter einem Rückhub wird insbesondere ein Betrieb des Hydraulikzylinders verstanden, bei welchem der Kolben bzw. Bär zurückbewegt wird, beispielsweise in eine zur Ausführung eines nachfolgenden Arbeitshubs vorgesehene Ausgangsposition wird. Ausgangspositionen aufeinanderfolgender Arbeitshübe können, müssen aber nicht identisch sein. Arbeitshub und Rückhub können zyklisch ausgeführt werden, wobei die Hydraulikventile entsprechend zyklisch angesteuert werden.

[0143] Der Begriff Hydraulikkreis ist in dem hierin verwendeten Sinne insbesondere allgemein zu verstehen. Insbesondere sollen vom Begriff Hydraulikkreis nicht nur Hydraulikleitungen umfasst sein, sondern je nach Kontext auch zusätzliche Bestandteile und Komponenten wie Steuereinheiten, Regeleinheiten, Ventile, Pumpen, Druckaufnehmer, Hydraulikzylinder, Steuerblöcke usw., die zum hydraulischen Betrieb des Hydraulikzylinders vorhanden bzw. erforderlich sind.

[0144] Bei den hierin angesprochenen Hydraulikventilen handelt es sich insbesondere um Ventile mit einstellbar variablem Volumenstrom, d.h. bei welchen der Volumenstrom einstellbar, insbesondere steuer- oder regelbar ist. Ein solches Ventil unterscheidet sich von einem herkömmlichen Auf-Zu-Ventil mit lediglich zwei anwählbaren Schaltstellungen, darin, dass mehrere beispielsweise eine Vielzahl von Schaltstellungen gezielt steuer- oder regelbar einstellbar sind. Insbesondere können die hierin angesprochenen Hydraulikventile derart ausgebildet sein, dass der Volumenstrom im Wesentlichen kontinuierlich bzw. stufenlos einstellbar ist, und dass der Öffnungszustand des Ventils, insbesondere die Öffnungsweite und/oder die Öffnungszeit gezielt, z.B. im Zeitverlauf gemäß einer Funktion der Zeit oder in Abhängigkeit anderer Größen, einstellbar, insbesondere steuerbar oder regelbar, ist. In Frage kommen insbesondere regelbare Ventile, die eine steuerungs- und/oder regelungstechnische Einstellung des Volumenstroms bzw. der Öffnungsweite und/oder Öffnungszeit ermöglichen.

[0145] Der Hydraulikkreis kann insbesondere dazu eingerichtet sein, den Volumenstrom des/der Hydraulikventile in Abhängigkeit einer in einer Beschleunigungsphase des Arbeitshubs zu erreichenden Sollgeschwindigkeit des Bären einzustellen und zu variieren, insbesondere zu steuern oder zu regeln. Beispielsweise kann der Hydraulikkreis dazu eingerichtet sein, den Volumenstrom, beispielsweise die Öffnungsweite und/oder die Öffnungsdauer des/der Hydraulikventile im Zeitverlauf so einzustellen, dass die Sollgeschwindigkeit innerhalb eines vorgegebenen oder vorgebbaren Hubbereichs des Kolbens erreicht wird. Zur Einstellung und Variation, insbesondere Steuerung oder Regelung des Volumenstroms kann eine entsprechende Kontrolleinheit, insbe-

sondere Steuereinheit oder Regeleinheit, beispielsweise in einer Wertetabelle hinterlegte Daten verwenden, die für die jeweiligen Betriebsbedingungen und Betriebsparameter, wie z.B. Umformmaschine, Bärtyp, Bärgewicht, Werkzeughöhe, Werkzeuggewicht, Art der Umformung, Art des Werkstoffs usw., im Zeitverlauf einzustellende Volumenströme und/oder Hydraulikdrücke zur Erreichung der gewünschten Sollgeschwindigkeit angeben, und/oder aus denen die Kontrolleinheit die einzustellenden Volumenströme ermitteln und/oder dynamisch regeln oder steuern kann.

[0146] Bei dem Nachsaugtank oder Rücklauf tank handelt es sich vorzugsweise um ein druckloses Reservoir für Hydraulikflüssigkeit.

[0147] Bei einem vertikal betriebenen Bären, bei dem der Arbeitshub vertikal nach unten erfolgt, wirkt das Gewicht des Kolbens, der Kolbenstange, des Bären und ggf. daran befestigter Komponenten, wie Werkzeuge, beschleunigend. Mithin kann die Umformmaschine bzw. die Hydrauliksteuereinheit bei solchen vertikal arbeitenden Umformmaschinen dazu eingerichtet sein, nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit die Hydraulikventile umzusteuern, so dass die für die Umformung gewünschte Geschwindigkeit erreicht wird. Am Kolben wirken einerseits die durch den Systemdruck in der ersten Zylinderkammer bzw. der Hubkammer erzeugten Rückstellkräfte und andererseits das Gewicht aus Kolben, Kolbenstange Bär usw. und die aus der Druckbeaufschlagung des zweiten Zylinderraums bzw. der Hubkammer resultierenden Hubkräfte.

[0148] Wird der zweite Zylinderraum nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit drucklos geschaltet, wirkt auf den Kolben im Wesentlichen die Rückstellkraft des ersten Zylinderraums und die Gewichtskraft. Damit ein Rückhub erfolgen kann, muss die Rückstellkraft größer als die Gewichtskraft sein. Resultiert bei einer Betriebsweise mit Drucklosschaltung des zweiten Zylinderraums nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit eine Rückstellkraft, so kann zur Erreichung einer vorgegebenen Umformgeschwindigkeit im Umformzeitpunkt die Sollgeschwindigkeit größer als die Umformgeschwindigkeit eingestellt werden, so dass sich in der nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit ergebenden Bewegungsphase die Umformgeschwindigkeit erreicht wird. Dabei kann die aus Rückstellkraft und Gewichtskraft resultierende, der Bewegung entgegenwirkende Kraft bei der Einstellung der Sollgeschwindigkeit berücksichtigt werden, insbesondere dahingehend, dass die Sollgeschwindigkeit durch die entgegenwirkende Kraft ab Drucklosschaltung bei Erreichen der Umformposition auf die Umformgeschwindigkeit eingestellt ist.

[0149] Vorzugsweise wird die Umformmaschine derart betrieben, dass die Sollgeschwindigkeit kurz vor bzw. unmittelbar vor der Umformposition bzw. dem Umformpunkt erreicht wird, so dass eine durch Drucklosschaltung ggf. bewirkte Reduktion der Geschwindigkeit vernachlässigbar ist, d.h. dass die Sollgeschwindigkeit im Wesentlichen erhalten bleibt.

[0150] Sollwerttabellen oder (Sollwert-)funktionen können für Position, Geschwindigkeit und/oder Hydraulikdruck bei gegebenen Randbedingungen, umfassend z.B. Masse des Bären und damit bewegter Komponenten, Hubweg des Hydraulikzylinders, Art des Hydraulikfluids (Viskosität usw.) usw., durch Test- oder Probeläufe und/oder durch Simulation ermittelt werden. Die Sollwerttabellen oder (Sollwert-)funktionen können z.B. auf einem elektronischen Speicher der Umformmaschine hinterlegt sein oder werden, und einer Steuereinheit oder Regeleinheit zur zeitlichen Steuerung oder Regelung der Hydraulikventile zur Verfügung gestellt werden.

[0151] Der Druckspeicher kann beispielsweise durch eine Pumpeneinheit gespeist werden, die den Hydraulikkreis und den Druckspeicher mit dem Systemdruck beaufschlagt.

[0152] Die Hydraulikventile stellen Stellglieder dar, die beispielsweise in Form von steuerbaren oder regelbaren Ventilen und/oder Pumpen mit regel- oder steuerbarem Motor, als eine regelbare oder steuerbare Einheit, gebildet sein können. Die Stellglieder können beispielsweise ausgewählt sein aus der Gruppe umfassend Stetig-Wegeventile, ein Proportional-Wegeventile, ein Servo-Wegeventile, ein Regel-Wegeventile und Servopumpen. Der Einsatz der genannten Stellglieder ermöglicht die Umsetzung vorteilhafter, insbesondere relativ kurzer, Stellzeiten zur Stellung und zur Variation der Volumenströme, und insbesondere eine vergleichsweise genaue und/oder wiederholbare Durchführung eines Bewegungszyklus aus Arbeitshub, Umformung und Rückhub zur Werkstückumformung. Mit derartigen Stellgliedern können insbesondere vergleichsweise kurze Stellzeiten und vergleichsweise schnelle Reaktions- und Ansprechzeiten erreicht werden, wodurch Kavitationen, zumindest weitgehend oder gar gänzlich vermieden werden können.

[0153] Eine Regelung kann auf einem vorgegebenen oder vorgebbaren Hydraulikdruck, Hydraulikdruckintervall und/oder einem vorgegebenen oder vorgebbaren zeitlichen oder örtlichen Hydraulikdruckverlauf als Führungsgröße basieren. Beispielsweise kann der Hydraulikdruck bzw. dessen Verlauf für die Zeitspanne eines Arbeitshubs oder Rückhubs oder für die Position des Bären oder des Kolbens des Hydraulikzylinders während eines Arbeitshubs oder Rückhubs vorgegeben oder vorgebbar sein.

[0154] Entsprechende Hydraulikdrücke und/oder -verläufe können z.B. aus einem Testbetrieb der Umformmaschine und/oder aus Simulationen gewonnen werden.

[0155] Eine Optimierung des Bewegungsablaufs des Hydraulikzylinders bei einem Arbeitshub kann beispielsweise vorsehen, dass die Nachsaugphase bzw. Nachströmphase im Bereich von 5% bis 15%, vorzugsweise 10 % des Hubs des Hydraulikzylinders entspricht. Insbesondere kann der Volumenstrom zur Beschleunigung des Bären so eingestellt und variiert werden, dass die nach der Beschleunigungsphase verbleibende Zeitspan-

ne bis unmittelbar vor dem Umformvorgang größer ist als die Stell-, Ansprech- und/oder Schaltzeiten der Hydraulikventile, oder allgemein des Stellglieds. Dabei können, durch entsprechendes Einstellen und Variieren, d.h. Steuern und/oder Regeln, der Volumenströme in der Beschleunigungsphase, die Länge der Beschleunigungsphase und entsprechend die Länge der Nachsaug- oder Nachströmphase bzw. deren Verhältnis z.B. auch in Abhängigkeit der jeweils zu erreichenden Sollgeschwindigkeit oder Umformgeschwindigkeit, eingestellt werden.

[0156] Beispielsweise kann der Volumenstrom bei niedrigen Sollgeschwindigkeiten langsamer und mit kleinerem Anstieg bzw. kleinerer Änderungsgeschwindigkeit hochgeregelt oder gestellt werden, damit die Sollgeschwindigkeit in einer späten Phase des Arbeitshubs, z.B. im letzten Drittel des Arbeitshubs, erreicht wird. Bei hohen Sollgeschwindigkeiten kann der Volumenstrom entsprechend schneller hochgeregelt werden, beispielsweise derart, dass die Sollgeschwindigkeit ebenfalls in einer späten Phase des Arbeitshubs erreicht wird. Möglich ist auch, dass die Ausgangsposition bzw. Startposition des Kolbens zur Ausführung eines Arbeitshubs in Abhängigkeit der Sollgeschwindigkeit eingestellt wird. Beispielsweise können für kleinere Sollgeschwindigkeiten bzw. Umformgeschwindigkeiten Ausgangspositionen gewählt werden die näher am ersten Ende gelegen sind, und für größere Sollgeschwindigkeiten bzw. Umformgeschwindigkeiten können Ausgangspositionen verwendet werden, die näher am zweiten Ende gelegen sind.

[0157] Bei der vorgeschlagenen Umformmaschine und der Hydrauliksteuerung ist es insbesondere möglich, für einen Arbeitshub zur Beschleunigung des Bären, ausgehend von einem im Bewegungsablauf des Bären gelegenen Umkehrpunkt mit Bärsgeschwindigkeit Null, hin zur Sollgeschwindigkeit nur ein Teilhub des Hydraulikzylinders zu verwenden. Entsprechend ist es möglich, die Ausgangsposition des Arbeitshubs in Richtung des ersten Endes zu verschieben, bzw. den Rückhub zu verkürzen. Die für jeweils gegebene Sollgeschwindigkeiten geeigneten Ausgangspositionen können beispielsweise aus Test- oder Probeläufen und/oder durch Simulation gewonnen werden, und beispielsweise in Form einer Wertetabelle in einer Datenbank einer Kontroll- Steuer- oder Regeleinheit der Umformmaschine oder des Hydraulikkreises bereitgestellt werden.

[0158] Bei Verkürzung des Ruckhubwegs, beispielsweise bei vergleichsweise kleinen Sollgeschwindigkeiten, ist es möglich, die Frequenz für Umformoperationen der Umformmaschine zu erhöhen, und/oder durch die Verkürzung des Rückhubwegs Energie einzusparen.

[0159] Bei dem vorgeschlagenen Betrieb unter Verwendung der beiden Hydraulikanschlüsse durch die Einstellung und Variation, insbesondere Steuerung oder Regelung, des Volumenstroms zu bzw. von den Zylinderräumen, z.B. in Abhängigkeit der zu erreichenden Sollgeschwindigkeit, ist es möglich, die Nachsaug- bzw. Nachströmphase zu verkürzen, wodurch z.B. eine Beru-

higung des Hydraulikfluids im Reservoir, z.B. im Nachsaugtank oder Rückkluftank, erreicht werden kann, so dass kleinere Reservoirs verwendet werden können. Ferner kann die Gefahr von Kavitationen in der Phase nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit verringert werden.

[0160] Durch eine Einstellung und Variation, insbesondere Steuerung oder Regelung, des Volumenstroms in den zweiten Zylinderraum bzw. Hubkammer, ist es insbesondere möglich, das pro Zeiteinheit in die zweite Zylinderkammer fließende Volumen an Hydraulikfluid und/oder das Zeitintervall, in dem Hydraulikfluid in den zweiten Zylinderraum fließt einzustellen, insbesondere zu steuern oder regeln. Mithin ist es beispielsweise möglich, die Öffnungsweite der Hydraulikventile und deren Öffnungsdauer, insbesondere die Füllzeit, gezielt und variabel einzustellen. Der Volumenstrom kann beispielsweise durch Steuerung oder Regelung des Öffnungszustands der Hydraulikventile entsprechend einer Funktion der Zeit und/oder einer Funktion des Hubs bzw. der Hubposition eingestellt und/oder variiert werden. Dadurch ist es beispielsweise möglich, die Dauer der Beschleunigungsphase zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit der Sollgeschwindigkeit. Insbesondere ist es möglich, sowohl bei kleinen als auch bei großen Sollgeschwindigkeiten die Hydraulikventile so zu steuern oder Regeln, dass die Sollgeschwindigkeit kurz vor oder unmittelbar vor dem Umformvorgang erreicht wird oder ist, vorzugsweise derart, dass die Dauer der Nachströmphase oder Nachsaugphase auf ein Minimum reduziert wird bzw. ist. Da Kavitationen insbesondere in der Nachsaugphase auftreten können, kann durch die Minimierung der Nachsaugphase ein funktionssicherer Betrieb erreicht werden.

[0161] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der anhängenden Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

FIG. 1 schematisch eine Umformmaschine, bei der es sich beispielsweise um einen Schmiedehammer handeln kann;

FIG. 2 eine vergrößerte Darstellung eines Hydraulikzylinders der Umformmaschine;

FIG. 3 eine vergrößerte Darstellung eines oberen Endes des Hydraulikzylinders;

FIG. 4 einen Verfahrensablauf einer ersten Variante eines Umformzyklus für die Umformmaschine;

FIG. 5 ein beispielhaftes Verlaufsdiagramm für einen Arbeitszyklus mit druckbeaufschlagter Nachströmphase;

FIG. 6 einen Verfahrensablauf einer zweiten Variante eines Umformzyklus für die Umformmaschine; und

FIG. 7 ein beispielhaftes Verlaufsdiagramm für einen Arbeitszyklus mit druckloser Nachsaugphase.

[0162] FIG. 1 zeigt schematisch eine Umformmaschine 1, bei der es sich beispielsweise um einen Schmiedehammer handeln kann.

[0163] Die Umformmaschine 1 umfasst einen Hydraulikzylinder 2, einen Bären 3 mit einem Obergesenk 4, ein an einer Schabotte 5 abgebrachtes Untergesenk 6 und einen Hydraulikkreis 7. Die Umformmaschine 1 umfasst ferner eine Kontrolleinheit 8, beispielsweise eine Hydrauliksteuerung oder -regelung, mit z.B. einem Prozessor und/oder einer programmierbaren oder programmierten Elektronikeneinheit.

[0164] Die Kontrolleinheit 8 ist über Steuerleitungen und/oder Datenleitungen 9 mit einer Wegemesseinheit 10, die z.B. einen Messsensor und eine zugeordnete Skala umfasst, mit einem ersten Druckaufnehmer 11 und einem zweiten Druckaufnehmer 12, mit einem ersten Hydraulikventil 13 und einem zweiten Hydraulikventil 14 verbunden.

[0165] Der Hydraulikkreis 7 umfasst, abgesehen von Hydraulikleitungen 15, neben den Druckaufnehmern 11, 12 und den Hydraulikventilen 13, 14 des Weiteren eine Pumpeneinheit 16, einen Druckspeicher 17 und ein erstes Sicherheitsventil 18 und zweites Sicherheitsventil 19. Ferner ist zumindest ein Reservoir 20 für Hydraulikflüssigkeit, insbesondere in Form eines ein Nachsaugtanks und/oder Rücklaftanks, vorgesehen.

[0166] Die hydraulische Umformmaschine 1 ist vorgesehen zur Umformung von Werkstücken 21, wobei die Umformung durch das Obergesenk 4 und Untergesenk 6 erfolgt. Konkret erfolgt die Umformung indem der Bär 3 mit dem daran befestigten Obergesenk 4 in einem Arbeitshub 22 von einer Ausgangsposition 24 nach unten zum Untergesenk 6 bewegt wird. Auf den Arbeitshub 22 folgt im Betrieb der Umformmaschine 1 ein Rückhub 23, bei dem der Bär 3 zu einer Ausgangs- oder Anfangsposition 24 bewegt wird. Der Arbeitshub 22 und Rückhub 23 mit zwischenliegender Umformung bilden einen Arbeitszyklus, der zyklisch wiederholt werden kann.

[0167] Der Hydraulikzylinder 2, der in FIG. 2 vergrößert dargestellt ist, umfasst ein Zylinderrohr 25 mit einem darin längs einer Längsachse 26 zwischen einem ersten Ende 27 und einem zweiten Ende 28 verfahrbaren Kolben 29, der mit einer Kolbenstange 30 gekoppelt ist, die sich in Richtung des ersten Endes 27 erstreckt und mit dem Bären 3 gekoppelt oder koppelbar ist.

[0168] Der Kolben 29 weist an der von der Kolbenstange 30 abgewandten Seite 31 einen sich zum zweiten Ende 28 hin erstreckenden zylinderförmigen Stangenfortsatz 32 auf, dessen Außendurchmesser 33 kleiner ist als der des Kolbens 29. Der Stangenfortsatz 32 ist bezüglich der Längsachse 26 koaxial zum Kolben 29 und zur Kolbenstange 30 ist.

[0169] Der der Hydraulikzylinder 2 weist am zweiten Ende 28 eine zum Stangenfortsatz 32 bezüglich der Längsachse 25 koaxiale und zum Kolben 29 bzw. Stan-

genfortsatz 32 hin offene Bohrung 34 auf. Der Innendurchmesser 35 der Bohrung 24 entspricht im Wesentlichen dem Außendurchmesser 33 des Stangenfortsatzes 32, so dass der Stangenfortsatz 32 in die Bohrung 34 eintauchen kann. Die Bohrung 34 ist nach Art eines Sacklochs ausgebildet, mit einer zum Zylinderfortsatz 32 hin orientierten Öffnung 36.

[0170] Der Hydraulikzylinder 2 bzw. das Zylinderrohr 25 weist im Bereich des ersten Endes 27 einen ersten Hydraulikanschluss 37 und im Bereich des zweiten Endes 28 einen zweiten Hydraulikanschluss 38 auf.

[0171] Der zweite Hydraulikanschluss 38 ist derart angeordnet bzw. positioniert, dass der Kolben 29 bei einer Bewegung zum zweiten Ende 28 hin den zweiten Hydraulikanschluss 38 verschließt, wenn der Stangenfortsatz 32 die Bohrung 34 erreicht bzw. diese verschließt, was in FIG. 3 vergrößert dargestellt ist.

[0172] Die Bohrung 34 ist, in dem Betriebszustand nach FIG. 3 mit einem um den Stangenfortsatz 32 gebildeten Ringraum 39 über eine Drossel 40 verbunden, wobei die Drossel 40 vorliegend in einen zwischen dem Boden 41 der Bohrung 34 und einer bodenartigen Schulter 42 bzw. Ringschulter am zweiten Ende 28 des Zylinderrohrs 25 verlaufenden Kanal 43 geschaltet ist.

[0173] Auf Seite der Kolbenstange 26 bzw. im Bereich des ersten Endes 27 weist der Hydraulikzylinder 2 einen ersten Zylinderraum 44 auf, und auf der Seite des Stangenfortsatzes 32 bzw. im Bereich des zweiten Endes 28 weist der Hydraulikzylinder 2 einen zweiten Zylinderraum 45 auf.

[0174] Wie aus FIG. 2 ersichtlich ist, ist der erste Zylinderraum 44 als Ringraum ausgebildet, und wie aus der Zusammenschau der FIG. 2 und 3 ersichtlich ist, ist der zweite Zylinderraum 45 lediglich dann ein Ringraum, wenn das distale Ende 46 des Stangenfortsatzes 32 die Öffnung 36 verschließt bzw. erreicht.

[0175] Beim Betrieb des Hydraulikzylinders 2 für eine Umformoperation des Werkstücks 21 wird der zweite Zylinderraum 39 im Arbeitshub 22 mit Hydraulikflüssigkeit bzw. Hydraulikdruck beaufschlagt, wodurch der Kolben 29 zum ersten Ende 27 hin beschleunigt wird. Nach der Umformoperation wird der Kolben 29 im Rückhub 23 zum zweiten Ende 28 hinbewegt. Erfolgt beim Rückhub 23 keine Abbremsung der aus dem Kolben 29, der Kolbenstange 26, dem Stangenfortsatz 32, dem Bären 3 und dem Obergesenk 4, und ggf. weiteren damit gekoppelten Komponenten gebildeten bewegten Masse, erfolgt eine Abbremsung spätestens dann, wenn das distale Ende 46 des Stangenfortsatzes 32 die Öffnung 36 der Bohrung 34 erreicht.

[0176] Erreicht das distale Ende 46 des Stangenfortsatzes 32 die Öffnung 36, ist der zweite Hydraulikanschluss 38 verschlossen, und das in der Bohrung 34 und im Ringraum 39 befindliche Hydraulikfluid wirkt als Bremskissen für die bewegte Masse. Dabei bewirkt die Drossel 40 einen Druckausgleich zwischen dem in der Bohrung 34 befindlichen Hydraulikfluid und dem im Ringraum 39 befindlichen Hydraulikfluid, wodurch die

Dämpfungs- und Bremscharakteristik verbessert wird.

[0177] Die Abbremsung des Kolbens 29 bzw. der bewegten Masse durch das Zusammenwirken des Stangenfortsatzes 32 und der Bohrung 34 ist allerdings nicht zwingend, denn erfindungsgemäß kann die Kontrolleinheit 8 derart eingerichtet sein, dass eine Abbremsung des Kolbens 29 bzw. der bewegten Massen durch eine Steuerung bzw. Regelung der Hydraulikventile 13 und 14 erfolgen kann, was nachfolgend anhand eines beispielhaften Umformzyklus erläutert werden soll.

[0178] Hierzu zeigt FIG. 4 einen Verfahrensablauf einer ersten Variante eines Umformzyklus. FIG. 6 zeigt einen Verfahrensablauf einer zweiten Variante eines Umformzyklus für die Umformmaschine. Die Verfahrensabläufe werden durch die Kontrolleinheit 8 geregelt bzw. gesteuert.

[0179] Gemäß der Variante nach FIG. 4 ist der Kolben 29 bzw. Bär 3 bei Beginn eines Arbeitshubs 22 in der Ausgangsposition bzw. Anfangsposition 24, in FIG. 4 mit Anfangsposition i bezeichnet, positioniert. Beim Auslösen des Arbeitshubs 22, beispielsweise eines Schlags, wird der zweite Zylinderraum 45, bzw. die Hubkammer, über den zweiten Hydraulikanschluss 38 mit Hydraulikfluid druckbeaufschlagt. Der Hydraulikdruck kann dabei dem Systemdruck entsprechen, der durch die Pumpeneinheit 16 bzw. den Druckspeicher 17 bereitgestellt wird. Hierzu wird das erste Hydraulikventil 13 durch die Kontrolleinheit in eine Offenstellung gesteuert bzw. geregelt, beispielsweise (ganz) geöffnet. In Richtung des Arbeitshubs 22 wirken mithin der durch das erste Hydraulikventil 13 erzeugte Hydraulikdruck, vorzugsweise der Systemdruck, und das Gewicht der zu bewegenden Masse (Kolben 29, Stangenfortsatz 23, Kolbenstange 26, Bär 3, Obergesenk 4) abzüglich etwaiger Reibungsverluste. In dieser Phase wird der Bär 3, genauer die zu bewegende Masse, beschleunigt. Die Beschleunigung dient dazu, den Bären 3 auf eine Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ zu beschleunigen. Solange die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ nicht erreicht ist, wird die Druckbeaufschlagung fortgesetzt. Das zweite Hydraulikventil 14 ist dabei geschlossen bzw. in die Geschlossenstellung gesteuert oder geregelt.

[0180] Ist bzw. wird die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ erreicht, greift die Kontrolleinheit 8 steuerungs- oder regeltechnisch ein, und steuert bzw. regelt die Druckbeaufschlagung über den zweiten Hydraulikanschluss 38, konkret die Offenstellung des ersten Hydraulikventils 13 derart, dass sich der Kolben 29 mit im Wesentlichen gleichbleibender Geschwindigkeit, d.h. der Sollgeschwindigkeit, weiterbewegt und/oder dass die Umformgeschwindigkeit erreicht wird. Die Feststellung, ob die Sollgeschwindigkeit erreicht ist bzw. ob sich der Kolben 29 bzw. Bär 3 mit Sollgeschwindigkeit weiterbewegt, kann beispielsweise über Geschwindigkeits- oder Positionsdaten der Wegemesseinheit 10 ermittelt werden. Insbesondere kann das erste Hydraulikventil 13 gegenüber der Beschleunigungsphase zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ weiter geschlossen werden, so dass der

im zweiten Zylinderraum 45 anliegende Hydraulikdruck gegenüber dem Systemdruck vermindert ist. Dabei wird durch das erste Hydraulikventil 13 bzw. den zweiten Hydraulikanschluss 38 ein druckbeaufschlagter Nachströmolumenstrom erzeugt. Dieser wirkt mit der Gewichtskraft der bewegten Masse dem im ersten Zylinderraum 44 herrschenden Systemdruck entgegen. Hierzu, und im Übrigen während des gesamten Umformzyklus, wird der erste Hydraulikanschluss 37 mit dem Systemdruck, z.B. aus dem Druckspeicher 17, beaufschlagt.

[0181] Bei Erreichen des Werkstücks 21 erfolgt die Umformoperation, an welche sich nach Erreichen des unteren Umkehrpunkts bzw. unteren Totpunkts des Hydraulikzylinders 2 der Rückhub 23 anschließt.

[0182] Nach der Umformoperation, die beispielsweise über Geschwindigkeits- und/oder Positionsdaten der Wegemesseinheit 10 festgestellt werden kann, erfolgt der Rückhub 23. Dabei werden die Hydraulikventile 13 und 14 umgesteuert bzw. entsprechend geregelt. Konkret wird das erste Hydraulikventil 13 geschlossen, und das zweite Hydraulikventil 14 wird geöffnet. Dadurch wird der zweite Hydraulikanschluss 38 drucklos mit dem Reservoir 20, einem Rückklaufank, verbunden, so dass im zweiten Zylinderraum 39 kein systembedingter Hydraulikdruck anliegt. Der im ersten Zylinderraum 44 anliegende Systemdruck beschleunigt die bewegte Masse, insbesondere den Bären 3 nach oben, infolgedessen der Rückhub 23 erfolgt. Wie weiter oben beschrieben, ist es, da Umformung und Beginn des Rückhubs in vergleichsweise kurzer Zeit aufeinander folgen (im Bereich von Millisekunden) und/oder auf Grund von Systemträgheit, von Vorteil, wenn die Hydraulikventile vor der Umformung umgesteuert werden, bzw. dass der Bär bzw. der Hydraulikzylinder kurz vor der Umformung aus der Regelung genommen wird, so dass Druckspitzen im Bereich der Umformung beim Rückprall vermieden werden. Es wird auf die Ausführungen weiter oben verwiesen.

[0183] Erfolgt der Rückhub 23 bis zum zweiten Ende 28, kann der Kolben 29 durch die Bremswirkung des Stangenfortsatzes 32 und der Bohrung 34 abgebremst werden. Allerdings kann eine Abbremsung des Kolbens 29 auch dadurch herbeigeführt werden, dass der Rückfluss des Hydraulikfluids über den zweiten Hydraulikanschluss 38 und das zweite Hydraulikventil 14 gedrosselt wird, indem der Öffnungszustand des zweiten Hydraulikventils 14 entsprechend gesteuert oder geregelt wird. Insbesondere kann das zweite Hydraulikventil 14 zunehmend geschlossen werden, so dass die zur Verdrängung des Hydraulikfluids aus den zweiten Zylinderraum 39 erforderliche Kraft zunimmt. Dadurch entsteht eine Bremskraft, die die Rückhubbewegung 23 des Kolbens 29 bremst. Bei geeigneter Steuerung bzw. Regelung des Öffnungszustands des zweiten Hydraulikventils 14 kann erreicht werden, dass die Rückhubbewegung an einer gewünschten Anfangsposition zur Ausführung eines nachfolgenden Arbeitshubs 22 endet, wobei diese Anfangsposition, in FIG. 4 mit $i+1$ bezeichnet ist und der Anfangsposition i bei Auslösung des vorangehenden Ar-

beitshubs 22 entsprechen kann, jedoch nicht muss. Je nach Umformanforderungen ist es z.B. möglich, dass die beiden Anfangspositionen i und $i+1$ voneinander abweichen. Aufgrund der Möglichkeit der Steuerung bzw. Regelung des Rückhubs 23 über das zweite Hydraulikventil 14 kann die nach dem Rückhub 23 erreichte Anfangsposition $i+1$ vom Umkehrpunkt bzw. Totpunkt am zweiten Ende 28 (siehe hierzu Darstellung der FIG. 3) abweichen, und an einer im Wesentlichen beliebigen Position zwischen dem ersten Ende 27 und dem zweiten Ende 28 liegen.

[0184] Insbesondere kann die Anfangsposition 24 in Abhängigkeit der zu erreichenden Sollgeschwindigkeit gewählt werden. Möglich ist das insbesondere, da die Druckbeaufschlagung des zweiten Zylinderraums 45 über das erste Hydraulikventil 13 gesteuert oder geregelt werden kann. Beispielsweise kann die Ausgangsposition 24 so gewählt oder eingestellt werden, dass die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ bei der jeweils gewählten Druckbeaufschlagung, beispielsweise mit Systemdruck, auf dem ab der Ausgangsposition 24 verbleibenden Kolbenhub erreicht wird, vorzugsweise derart, dass die ab Erreichung der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ bis zur Umformung verbleibende Zeitspanne optimiert, insbesondere minimiert ist. Beispielsweise können die Ausgangsposition 24 und die Druckbeaufschlagung in der Beschleunigungsphase so eingestellt werden, dass die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ unmittelbar vor der Umformung erreicht ist.

[0185] FIG. 5 zeigt ein beispielhaftes Verlaufsdiagramm für einen Arbeitszyklus A mit druckbeaufschlagter Nachströmphase über das erste Hydraulikventil 13 nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit. Dabei sind auf der Abszisse die Zeit t und auf der Ordinate der über den zweiten Hydraulikanschluss 38 und das erste Hydraulikventil 13 dem ersten Zylinderraum 45 zugeführte Hydraulikdruck P aufgetragen. Bei Beginn des Arbeitszyklus A bei t_0 wird das erste Hydraulikventil 13 in die Offenstellung gesteuert oder geregelt, so dass im ersten Zylinderraum 45 der Systemdruck P_S anliegt. Dieser Systemdruck P_S wird aufrechterhalten, bis der Bär 3 in einem Zeitpunkt $t_{v(\text{soll})}$ die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ erreicht hat. Im Zeitpunkt $t_{v(\text{soll})}$ ist der Umformpunkt noch nicht erreicht, und der Öffnungszustand des ersten Hydraulikventils 13 wird so gesteuert oder geregelt, dass der erste Zylinderraum 45 mit einem Nachströmdruck P_N zur Erzeugung eines Nachströmvolumenstroms druckbeaufschlagt wird, wobei der Nachströmdruck P_N kleiner ist als der Systemdruck P_S . Der Nachströmdruck P_N ist beispielsweise so eingestellt bzw. gesteuert oder geregelt, dass der Kolben 29 im Kräftegleichgewicht ist, d.h. dass die erreichte Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ aufrechterhalten wird. Bei oder kurz vor dem Umformzeitpunkt t_u wird das erste Hydraulikventil 13 geschlossen. Bis zu diesem Zeitpunkt ist das zweite Hydraulikventil 14 bei der Verfahrensvariante nach FIG. 4 geschlossen, und im ersten Zylinderraum 44 liegt der Systemdruck P_S an.

[0186] Für den Rückhub R bzw. bereits bei der Umfor-

mung wird das zweite Hydraulikventil 14 in die Offenstellung gesteuert bzw. geregelt, so dass der zweite Zylinderraum 45 drucklos mit dem Rückkluftank verbunden ist. Der im ersten Zylinderraum 44 anliegende Systemdruck P_S führt nach der Umformung zu einer rückstellenden Kraft, die den Rückhub 23 bewirkt.

[0187] Beim Rückhub 23 kann das zweite Hydraulikventil 14 anfänglich ganz geöffnet sein, und im weiteren Zeitverlauf in die Geschlossenstellung geregelt oder gesteuert werden, derart, dass der Kolben 29 an einer vorgegebenen Ausgangsposition für einen nachfolgenden Arbeitshub 22 positioniert wird. Wird das zweite Hydraulikventil 14 nicht zugesteuert oder -geregelt, wird die bewegte Masse spätestens durch die aus Stangenfortsatz 32 und Bohrung 34 sowie durch den Ringraum 39 abgebremst, nachdem der Kolben 29 den zweiten Hydraulikanschluss 38 verschließt.

[0188] Im Unterschied zu dem in FIG. 5 gezeigten Verlauf kann der Verlauf des über das erste Hydraulikventil 13 bereitgestellten Hydraulikdrucks P anders verlaufen, wobei dieser beispielsweise kontinuierlich oder schrittweise abnehmen kann. Der Verlauf des Hydraulikdrucks P kann auf Grund des steuer- oder regelbaren ersten Hydraulikventils 13 im Wesentlichen beliebig eingestellt werden, vorzugsweise so, dass Kavitationen vermieden werden und die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ sicher erreicht wird. Die Steuerung oder Regelung kann beispielsweise auf einer vorgegebenen Druckverlaufskurve beruhen, die z.B. aus Testläufen und/oder Simulation ermittelt werden kann.

[0189] FIG. 6 zeigt einen Verfahrensablauf einer zweiten Variante eines Umformzyklus für die Umformmaschine 1.

[0190] Gemäß der Variante nach FIG. 6 ist der Kolben 29 bzw. Bär 3 bei Beginn eines Arbeitshubs 22 in der Ausgangsposition bzw. Anfangsposition 24, in FIG. 6 mit Anfangsposition i bezeichnet, positioniert. Beim Auslösen des Arbeitshubs 22, beispielsweise eines Schlags, wird der zweite Zylinderraum 45, bzw. Hubkammer, über den zweiten Hydraulikanschluss 38 mit Hydraulikfluid druckbeaufschlagt. Der Hydraulikdruck P kann dabei dem Systemdruck P_S entsprechen, der durch die Pumpeneinheit 16 bzw. den Druckspeicher 17 bereitgestellt wird. Hierzu wird das erste Hydraulikventil 13 durch die Kontrolleinheit 8 in eine Offenstellung gesteuert bzw. geregelt. In Richtung des Arbeitshubs 22 wirken mithin der Hydraulikdruck P , insbesondere der Systemdruck P_S und das Gewicht der zu bewegenden Masse (Kolben 29, Stangenfortsatz 23, Kolbenstange 26, Bär 3, Obergesenk 4) abzüglich etwaiger Reibungsverluste. In dieser Phase wird der Bär 3, genauer die zu bewegende Masse, beschleunigt. Die Beschleunigung dient dazu, den Bären 3 auf eine Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ zu beschleunigen. Solange die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ nicht erreicht ist, wird die Druckbeaufschlagung fortgesetzt. Das zweite Hydraulikventil 14 ist dabei geschlossen bzw. in die Geschlossenstellung gesteuert oder geregelt.

[0191] Ist bzw. wird die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ er-

reicht, greift die Kontrolleinheit 8 steuerungs- oder regeltechnisch ein, und steuert bzw. regelt das erste Hydraulikventil 13 in die Geschlossenstellung und das zweite Hydraulikventil in eine Offenstellung. Dadurch wird der zweite Zylinderraum 45 drucklos mit dem Reservoir 20, einem Nachsaugtank, verbunden, aus welchem über das zweite Hydraulikventil 14 und den zweiten Hydraulikanschluss 38 Hydraulikfluid nachgesaugt wird. Die Feststellung, ob die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ erreicht ist kann analog zu der ersten Variante erfolgen.

[0192] Durch das drucklose Nachsaugen kann sich die bewegte Masse mit der erreichten Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ weiterbewegen, so dass diese im Wesentlichen erhalten bleibt. Sofern es systembedingt durch das Nachsaugen zu einer Abbremsung der bewegten Masse kommt, ist diese Reduktion in der Regel vernachlässigbar, so dass die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder die gewünschte Umformgeschwindigkeit erreicht wird. Hierzu ist es besonders vorteilhaft, wenn die Beschleunigungsphase so eingestellt wird, dass die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ erst kurz vor bzw. unmittelbar vor der Umformung erreicht wird, so dass etwaige Verzögerungen der bewegten Masse (z.B. um 0,2 m/s, siehe obige Ausführungen) vernachlässigbar sind. Möglich ist es auch, etwaige Verzögerungen mit einzubeziehen, insbesondere derart, dass die Sollgeschwindigkeit um den Verzögerungswert erhöht wird, so dass im Umformpunkt die gewünschte Umformgeschwindigkeit vorliegt.

[0193] Der erste Hydraulikanschluss 37 ist, und im Übrigen auch während des gesamten Umformzyklus, insbesondere beim Rückhub 23, mit dem Systemdruck P_S , z.B. aus dem Druckspeicher 17, beaufschlagt.

[0194] Bei Erreichen des Werkstücks 21 erfolgt die Umformoperation, an welche sich nach Erreichen des unteren Umkehrpunkts bzw. unteren Totpunkts des Hydraulikzylinders 2 der Rückhub 23 anschließt.

[0195] Nach der Umformoperation, die beispielsweise über Geschwindigkeits- und/oder Positionsdaten der Wegemesseinheit 10 festgestellt werden kann, erfolgt der Rückhub 23. Dabei bleibt das erste Hydraulikventil 13 in der Geschlossenstellung und das zweite Hydraulikventil 14 wird in die Offenstellung gesteuert und/oder geregelt bzw. verbleibt in der Offenstellung. Dadurch wird der zweite Hydraulikanschluss 38 drucklos mit dem Reservoir 20, insbesondere einem Rücklauftank, verbunden, so dass im zweiten Zylinderraum 39 kein systembedingter Hydraulikdruck P anliegt. Der im ersten Zylinderraum 44 anliegende Systemdruck P_S beschleunigt die bewegte Masse, insbesondere den Bären 3 nach oben, und bewirkt den Rückhub 23.

[0196] Die Abbremsung des Bären 3 bzw. der bewegten Masse und die Einstellung einer Ausgangsposition $i+1$ bzw. Startposition für einen nachfolgenden Arbeitshub 22 kann analog zur Variante nach FIG. 4 erfolgen. Es wird auf die obigen Ausführungen verwiesen.

[0197] Vorteilhaft bei dieser Variante kann sein, dass das Überführen des ersten Hydraulikventils 13 in die Ge-

schlossenstellung und das Überführen des zweiten Hydraulikventils 14 in eine Offenstellung zum Nachsaugen überlappen, insbesondere zur Vermeidung von Strömungsabrissen im Hydraulikfluid.

[0198] FIG. 7 zeigt ein beispielhaftes Verlaufsdiagramm für einen Arbeitszyklus A mit druckloser Nachsaugphase über das zweite Hydraulikventil 14 nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$. Dabei sind auf der Abszisse die Zeit t und auf der Ordinate der über den zweiten Hydraulikanschluss 38 und das erste Hydraulikventil 13 dem ersten Zylinderraum 45 zugeführte Hydraulikdruck P aufgetragen. Bei Beginn des Arbeitszyklus A bei t_0 wird das erste Hydraulikventil 13 in die Offenstellung gesteuert oder geregelt, so dass im ersten Zylinderraum 45 der Systemdruck P_S anliegt, durch welchen die Beschleunigung des Bären 3 erfolgt. Dieser Systemdruck P_S wird aufrechterhalten, bis der Bär 3 in einem Zeitpunkt $t_{v(\text{soll})}$ die Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ erreicht hat. Im Zeitpunkt $t_{v(\text{soll})}$ ist der Umformpunkt noch nicht erreicht, und das erste Hydraulikventil 13 wird in die Geschlossenstellung gesteuert und/oder geregelt. Ferner wird das zweite Hydraulikventil 14 geöffnet, so dass der zweite Zylinderraum 45 drucklos mit dem Reservoir 20, insbesondere einem Nachsaugtank, verbunden ist. Über den zweiten Hydraulikanschluss 38 und das zweite Hydraulikventil 14 stellt sich durch die fortgesetzte Bewegung des Kolbens 29 ein druckloser Nachsaugvolumenstrom ein, durch welchen sich die bewegte Masse im Wesentlichen mit der erreichten Sollgeschwindigkeit weiterbewegen kann. Im ersten Zylinderraum 44 liegt durchwegs der Systemdruck P_S an.

[0199] Die in FIG. 7 dargestellte gestrichelte Linie bei $t_{v(\text{soll})}$ entspricht einer Variante, bei welcher der Öffnungszustand des ersten Hydraulikventils 13 und der des zweiten Hydraulikventils 14 beim Umsteuern bzw. Regeln der Hydraulikventile bei $t_{v(\text{soll})}$ überlappen. Ein solcher Überlapp ist, wie bereits erwähnt, vorteilhaft zur Vermeidung von Strömungsabrissen.

[0200] Der Rückhub erfolgt wie bei der Variante nach FIG. 5, wobei hier das erste Hydraulikventil 13 bereits geschlossen und das zweite Hydraulikventil 14 bereits geöffnet sind. Der im ersten Zylinderraum 44 anliegende Systemdruck P_S wirkt dem Gewicht der bewegten Masse entgegen und bewirkt so den Rückhub 23. Zum Rückhub 23 wird auf die Ausführungen zu FIG. 5 verwiesen, die hier analog gelten.

[0201] Durch Minimieren der Zeitspanne zwischen Erreichen der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ und der Umformung wird die Nachströmphase bzw. Nachsaugphase verkürzt bzw. minimiert. Da insbesondere der Übergang von der Beschleunigungsphase zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit auf die Nachströmphase bzw. Nachsaugphase und die Nachström- bzw. Nachsaugphasen vergleichsweise anfällig für das Auftreten von Kavitationen sind, kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Kavitationen durch Minimieren der Nachströmphasen bzw. Nachsaugphasen zumindest verringert werden. Bei geeigneter Steuerung oder Regelung können

Kavitationen sogar gänzlich vermieden, zumindest jedoch weitestgehend vermieden werden.

[0202] Zur Vermeidung von Kavitationen ist es möglich, dass die Kontrolleinheit 8 den Hydraulikdruck P im Hydraulikkreis 7 über die Druckaufnehmer 11 und 12 erfasst und die Hydraulikventile 13, 14 so steuert oder regelt, dass der im Hydraulikkreis, insbesondere im zweiten Zylinderraum 45, herrschende Hydraulikdruck P stets oberhalb des Kavitationsdrucks der Hydraulikflüssigkeit liegt.

[0203] Die Beschleunigungsphase zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$ und die nachfolgende Nachströmphase bzw. Nachsaugphase können so eingerichtet werden, dass der Hydraulikdruck im Hydraulikkreis stets über dem Kavitationsdruck der Hydraulikflüssigkeit liegt. Hierzu ist es auf Grund der Steuerung bzw. Regelung der Volumenströme möglich, diese so einzustellen, beispielsweise auf Basis von Testläufen und/oder Simulation, dass der Arbeitshub und/oder Rückhub kavitationsfrei ausgeführt werden können. Parameter zur Einstellung des Arbeitshubs und/oder Rückhubs sind insbesondere die Höhe des Hydraulikdrucks bei der Beschleunigung, der zeitliche Verlauf des Hydraulikdrucks P zur Beschleunigung, die Dauer der Beschleunigungsphase bis zur Erreichung der Sollgeschwindigkeit $v(\text{soll})$, der Nachströmvolumenstrom und der Nachsaugvolumenstrom. Diese Parameter können über das erste und zweite Hydraulikventil 13, 14 gesteuert oder geregelt werden.

[0204] Insgesamt zeigt sich, dass die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe gelöst wird.

[0205] Die zu Grunde liegende Erfindung hat insbesondere auch die folgenden Vorteile bzw. vorteilhaften Wirkungen:

- Am Hydraulikzylinder sind nur zwei Hydraulikanschlüsse zur Ausführung eines Arbeitszyklus erforderlich, sprich der untere erste Hydraulikanschluss und der obere zweite Hydraulikanschluss.
- Der obere bzw. zweite Hydraulikanschluss wird sowohl für den Arbeitshub als auch für den Rückhub verwendet.
- Der untere bzw. erste Hydraulikanschluss kann durchwegs mit Systemdruck P_S beaufschlagt werden, so dass insoweit keine Steuerung oder Regelung erforderlich ist.
- Der Stangenfortsatz, der z.B. Teil der Kolbenstange sein kann falls wenn diese z.B. den Kolben durchgreift, und die Bohrung am ersten Ende, insbesondere am oberen Ende des Zylinderrohrs oberhalb des Kolbens können zur Abbremsung der bewegten Masse verwendet werden, insbesondere als eine Notbremse, z.B. bei Ausfall der Steuer- oder Regelungselektronik.
- Das Abbremsen der bewegten Masse beim Rückhub kann vorteilhaft über den Stangenfortsatz und die Bohrung erfolgen, oder alternativ durch Steuerung oder Regelung des zweiten Hydraulikventils, d.h. des Rücklaufs in den Rücklauftank. Es sind kei-

ne zusätzlichen Bremsdrosseln, wie bei bekannten Umformmaschinen oder Schmiedehämmern, erforderlich, über welche das im oberen Zylinderraum verbliebene Hydraulikfluid zur Erreichung einer Bremswirkung abzuführen ist.

- Die vorgeschlagene Umformmaschine bzw. Hydrauliksteuerung ermöglicht flexibel einstellbare Ausgangspositionen bzw. Startpositionen für den Arbeitshub, ist mithin nicht auf lediglich einen oberen Totpunkt beschränkt.
- Die vorgeschlagene Umformmaschine bzw. Hydrauliksteuerung ermöglicht ein korrektes Anfahren des variablen oberen Totpunkts, also der Ausgangsposition für den nächsten Schlag, wenn z.B. die Wegmesseinheit oder ein Wegmesssystem zur Positionsüberwachung verwendet wird. Auch lassen sich die Hydraulikventile auf Grundlage von Geschwindigkeitsdaten bzw. Druckdaten steuern oder regeln, so dass die Beschleunigungsphase optimiert werden kann und/oder nach vorgegebenen Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Druckkurven oder -verläufen gesteuert oder geregelt werden kann.
- Die vorgeschlagene Umformmaschine bzw. Hydrauliksteuerung benötigt kein separates Nachsaugventil wie übliche Umformmaschinen oder Schmiedehämmer.
- Die vorgeschlagene Umformmaschine bzw. Hydrauliksteuerung ermöglicht für die Phase des Arbeitshubs nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit eine gewisse Flexibilität hinsichtlich der Steuerung oder Regelung der Hydraulikventile.
- Insbesondere ist einerseits ein Betrieb möglich, bei dem nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit Hydraulikfluid über das zweite Hydraulikventil drucklos nachgesaugt wird, und andererseits ein Betrieb, bei dem nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit Hydraulikfluid über das erste Hydraulikventil druckbasiert nachströmt. Es kann, je nach den Anforderungen für den Arbeitshub wahlweise die eine oder andere Variante gewählt werden, was insbesondere vorteilhaft hinsichtlich unterschiedlicher Umformoperationen und/oder einer Vermeidung von Strömungsabrissen und/oder Kavitationen ist.
- Es ist möglich, die Beschleunigungsphase und/oder die Nachsaugphase oder Nachströmphase zu optimieren, insbesondere hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs und deren Dauer. Zur Optimierung können die Beschleunigungsphase über das erste Hydraulikventil und die daran anschließende Nachsaugphase oder Nachströmphase über das zweite bzw. erste Hydraulikventil variabel gesteuert oder geregelt werden. Insbesondere ist, wie bereits erwähnt, für die Nachsaugphase kein separates Nachsaugventil erforderlich.
- Das erste Hydraulikventil kann als Schlagventil verwendet werden, und das zweite Hydraulikventil kann in der Variante mit Nachsaugen sowohl als Nachsaugventil als auch als Steigventil für den Rückhub

- verwendet werden.
- Die Umformmaschine bzw. Hydrauliksteuerung ermöglicht insbesondere einen Arbeitszyklus, bei dem der Arbeitszyklus durch Öffnen des ersten Hydraulikventils initiiert wird. Ist die gewünschte Sollgeschwindigkeit erreicht, können das erste Hydraulikventil geschlossen und das zweite Hydraulikventil geöffnet werden, wobei aufgrund der Steuerung oder Regelung zwischen Öffnen des zweiten Hydraulikventils und Schließen des ersten Hydraulikventils eine Überdeckungsphase integriert werden kann, so dass der Hydraulikfluidstrom nicht abreißt. Das Nachsaugen kann über das zweite Hydraulikventil erfolgen bis hin zur Umformung, mit nachfolgendem Rückhub über das zweite Hydraulikventil.
 - Die unterschiedlichen Varianten betreffend das Nachsaugen z.B. aus einem Nachsaugtank oder -behälter und das Nachströmen z.B. aus dem Druckspeicher ermöglichen Betriebsweisen, bei welchen Hydrauliköl drucklos aus den Nachsaugtank kommt (Nachsaugphase) bzw. daraus angesaugt wird, und bei welchen Hydrauliköl druckbasiert über das erste Hydraulikventil gesteuert oder geregelt zugeführt wird. Das Hydrauliköl zum Nachströmen kann basierend auf dem vom Druckspeicher bereitgestellten Hydraulikdruck zugeführt werden.

[0206] Insgesamt ermöglicht die vorgeschlagene Umformmaschine, die vorgeschlagene Hydrauliksteuerung und das vorgeschlagene Verfahren einen vergleichsweise einfachen Aufbau mit flexibler Steuerung oder Regelung des Arbeitszyklus, wobei durch den Stangenfortsatz und die Bohrung ein sicherer Betrieb bereitgestellt werden kann.

Bezugszeichenliste

[0207]

1	Umformmaschine
2	Hydraulikzylinder
3	Bär
4	Obergesenk
5	Schabotte
6	Untergesenk
7	Hydraulikkreis
8	Kontrolleinheit
9	Steuer-/Datenleitung
10	Wegemesseinheit
11, 12	erster und zweiter Druckaufnehmer
13, 14	erstes und zweites Hydraulikventil
15	Hydraulikleitung
16	Pumpeneinheit
17	Druckspeicher
18, 19	Sicherheitsventil
20	Reservoir
21	Werkstück
22	Arbeitshub

23	Rückhub
24	Anfangsposition
25	Zylinderrohr
26	Längsachse
5 27	erstes Ende
28	zweites Ende
29	Kolben
30	Kolbenstange
31	Seite, abgewandt der Kolbenstange
10 32	Stangenfortsatz
33	Außendurchmesser
34	Bohrung
35	Innendurchmesser
36	Öffnung
15 37	erster Hydraulikanschluss
38	zweiter Hydraulikanschluss
39	Ringraum
40	Drossel
41	Boden
20 42	Schulter
43	Kanal
44	erster Zylinderraum
45	zweiter Zylinderraum
46	distales Ende
25	A
	v(soll)
	t
	P _S
30	P _N
	Arbeitszyklus
	Sollgeschwindigkeit
	Zeit
	Systemdruck
	Nachströmdruck

Patentansprüche

- 35 1. Hydraulische Umformmaschine (1), insbesondere schlagende Umformmaschine, vorzugsweise Schmiedehammer, zur Umformung eines Werkstücks (21), umfassend
- 40 - einen Hydraulikzylinder (2) mit einem in einem Zylinderrohr (25) geführten Kolben (29), der das Zylinderrohr (25) in einen von einer mit einem Bären (3) gekoppelten Kolbenstange (30) durchgriffenen ersten Zylinderraum (44) und in einen zweiten Zylinderraum (45) unterteilt, wobei der erste Zylinderraum (44) einen ersten Hydraulikanschluss (37) und der zweite Zylinderraum einen zweiten Hydraulikanschluss (38) aufweisen
- 45 - einen Hydraulikkreis (7) mit einer Steuereinheit (6) zur Steuerung und/oder Regelung des Betriebs des Hydraulikzylinders (2), wobei der Hydraulikkreis (7) ein mit der Steuereinheit (6) steuerungstechnisch gekoppeltes erstes Hydraulikventil (13) umfasst, das vorzugsweise als Proportionalventil ausgebildet ist, und über den zweiten Hydraulikanschluss (38) mit dem zweiten Zylinderraum (45) verbunden ist,
- 55

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, eine Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks vorgesehenen Arbeitshubs so zu regeln und/oder steuern, dass
- in einer ersten Phase das erste Hydraulikventil (13) geöffnet ist und der Bär (3) in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird,
 - in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) auf eine Nachströmöffnungsweite reduziert ist, und
 - das erste Hydraulikventil (13) während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist.
2. Hydraulische Umformmaschine (1) nach Anspruch 1, wobei der Hydraulikkreis (7) des Weiteren ein zweites Hydraulikventil (14) umfasst, das mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbunden ist, und wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, eine Öffnungsweite des zweiten Hydraulikventils (14), welches vorzugsweise als ein Proportionalventil ausgebildet ist, so zu steuern, dass bei einem entgegengesetzt zum Arbeitshub erfolgenden Rückhub eine Ausgangsposition des Bären (3) für einen nachfolgenden Arbeitshub variabel einstellbar ist.
 3. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend des Weiteren eine Messeinheit zur Ermittlung der Position des Bären (3), wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer von der Messeinheit für einen vorausgehenden Arbeitshub ermittelten Umformposition, einen oder mehrere Betriebsparameter, wie eine Ausgangsposition und/oder eine Sollgeschwindigkeit und/oder eine Schlagenergie des Bären (3) für einen nachfolgenden Arbeitshub zu ermitteln, wobei, vorzugsweise, ein initialer Arbeitshub als ein bei minimaler Schlagenergie ausgeführter Richtschlag eingerichtet ist.
 4. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Ausgangsposition und/oder einer variablen Umformposition, insbesondere einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Umformposition, die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) zu steuern, insbesondere derart, dass der Arbeitshub, insbesondere ein Umformschlag, mit einer jeweils geeigneten, vorzugsweise vorgegebenen, insbesondere jeweils maximal verfügbaren, Schlagenergie ausführbar ist.
 5. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, eine Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs variabel einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit zumindest eines Betriebsparameters des Hydraulikzylinders (2) bezüglich eines oder mehrerer vorangehender Arbeitshübe, wobei es sich bei dem Betriebsparameter vorzugsweise um einen durch eine oder mehrere Sensoreinheiten erfassten Betriebsparameter handelt.
 6. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, bei vorgegebener Umformenergie eine Ausgangsposition für einen Arbeitshub zu ermitteln und durch Steuerung und/oder Regelung des zweiten Hydraulikventils (14) bei einem Rückhub einzustellen, wobei die Steuereinheit (8) vorzugsweise dazu eingerichtet ist, die Ausgangsposition auf Grundlage einer freien Weglänge des Bären (3) zwischen Ausgangsposition und Umformposition eines vorangehenden Arbeitshubs variabel einzustellen.
 7. Hydraulische Umformmaschine (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 6, vorzugsweise Schmiedehammer, eingerichtet zur Werkstückumformung, umfassend einen Hydraulikkreis (7) mit einer Einheit zur Erzeugung eines vorgegebenen Systemdrucks (P_S) für die Hydraulikflüssigkeit und zumindest einem Reservoir (20) für Hydraulikflüssigkeit und umfassend einen Hydraulikzylinder (2) mit einem Zylinderrohr (25) mit einem darin zwischen einem ersten und einem zweiten Ende (27, 28) verfahrbaren Kolben (29), der mit einer Kolbenstange (30) gekoppelt ist, die sich in Richtung des ersten Endes (27) erstreckt und mit einem Bären (3) gekoppelt oder koppelbar ist, wobei der Kolben (29) das Zylinderrohr in einen ersten und zweiten Zylinderraum unterteilt und an der von der Kolbenstange (30) abgewandten Seite (31) einen sich zum zweiten Ende (28) hin erstreckenden Stangenfortsatz (32) aufweist, dessen Außendurchmesser (33) kleiner ist als der des Kolbens (29), wobei der Hydraulikzylinder (2) am zweiten Ende (28) eine zum Stangenfortsatz (32) koaxiale und zum Kolben (29) hin offene Bohrung (34) aufweist, deren Innendurchmesser (35) im Wesentlichen dem Außendurchmesser (33) des Stangenfortsatzes (32) entspricht, so dass der Stangenfortsatz (32) in die Bohrung (34) eintauchen kann, und wobei der Hydraulikzylinder (2) bzw. das Zylinderrohr (25) im Bereich des ersten Endes (27) einen ersten Hydraulikanschluss (37) und im Bereich des zweiten Endes (28) einen zweiten Hydraulikanschluss (38) umfasst, der derart angeordnet ist, dass der Kolben (29) bei einer Bewegung zum zweiten Ende (28) hin den zweiten Hydraulikanschluss (38) verschließt, wenn der Stangenfortsatz (32) die

Bohrung (34) erreicht.

8. Hydraulische Umformmaschine (1), nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei

- der erste Hydraulikanschluss (37) mit dem Hydraulikkreis (7) verbunden oder verbindbar ist, so dass der mit dem ersten Hydraulikanschluss (37) verbundene und diesem nachgeschaltete erste Zylinderraum (44) des Hydraulikzylinders (2) mit Systemdruck (P_S), insbesondere einem Druckspeicher, verbunden oder verbindbar ist, und/oder

- wobei der Hydraulikkreis (7) eine mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbundene oder verbindbare Ventileinheit (13, 14) umfasst, wobei der Hydraulikkreis (7) und die Ventileinheit (13, 14) so eingerichtet sind, dass der mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbundene zweite Zylinderraum (45) des Hydraulikzylinders (2) bei Ausführung eines Arbeitshubs (22) über die Ventileinheit (13, 14) wahlweise zumindest zeitweise mit Hydraulikdruck (P) beaufschlagbar oder zumindest zeitweise drucklos mit dem Reservoir (20) verbindbar ist.

9. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das erste Hydraulikventil (13) dazu eingerichtet ist, zumindest zeitweise bei dem Arbeitshub (22) und/oder zumindest zeitweise während eines Rückhubs (23), vorzugsweise im Wesentlichen während des gesamten Rückhubs (23) eine Schließstellung einzunehmen, und wobei das zweite Hydraulikventil (14) dazu eingerichtet ist, den zweiten Zylinderraum (45) drucklos mit dem Reservoir (20) zu verbinden, wenn das erste Hydraulikventil (13) in der Schließstellung ist.

10. Hydraulische Umformmaschine (1) zumindest nach Anspruch 7, wobei die Steuereinheit (8) dazu eingerichtet, insbesondere programmiert ist:

a) bei dem Arbeitshub das erste Hydraulikventil (13) in eine Offenstellung zu steuern oder regeln, bei der der zweite Zylinderraum (45) über das erste Hydraulikventil (13) mit Hydraulikdruck (P) beaufschlagt ist bzw. wird bis eine vorgegebene Sollgeschwindigkeit ($v(\text{soll})$) des Bären (3) erreicht ist, und gleichzeitig das zweite Hydraulikventil (14) in eine Geschlossenstellung zu steuern oder regeln,

b) bei dem Arbeitshub (22) und nach bzw. bei Erreichen der Sollgeschwindigkeit ($v(\text{soll})$)

b1) das erste Hydraulikventil (13) in eine Geschlossenstellung zu steuern oder regeln, und durch Steuerung oder Regelung des zweiten Hydraulikventils (14) in eine Of-

fenstellung, den zweiten Zylinderraum (45) über das zweite Hydraulikventil (14) und/oder über ein Nachsaugventil mit dem Reservoir (20), insbesondere einem Nachsaugtank, zu verbinden und einen Nachsaugvolumenstrom in den zweiten Zylinderraum (45) zu erzeugen, mit dem die Sollgeschwindigkeit ($v(\text{soll})$) im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder im Umformzeitpunkt (tu) eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird; oder
b2) durch Steuern oder Regeln der Offenstellung des ersten Hydraulikventils (13) über das erste Hydraulikventil (13) und/oder über ein Nachsaugventil einen Nachströmolumenstrom in den zweiten Zylinderraum (45) zu erzeugen, mit dem die Sollgeschwindigkeit ($v(\text{soll})$) im Wesentlichen erhalten bleibt und/oder mit dem im Umformzeitpunkt (tu) eine vorgegebene Umformgeschwindigkeit erreicht wird, wobei das zweite Hydraulikventil (14) dabei vorzugsweise in die Geschlossenstellung gesteuert oder geregelt ist;

c) bei einem sich an den Arbeitshub (22) anschließenden Rückhub (23) das mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbundene zweite Hydraulikventil (14) in die Offenstellung und das mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbundene erste Hydraulikventil (13) in die Geschlossenstellung zu steuern oder regeln; und, optional,

d) zumindest zu Beginn eines auf den Rückhub (23) folgenden weiteren Arbeitshubs (22) das erste und zweite Hydraulikventil (13, 14) so umzusteuern oder zu regeln, dass das erste Hydraulikventil (13) in einer Offenstellung und das zweite Hydraulikventil (14) in der Geschlossenstellung ist, wobei

e) während des Arbeitshubs (22) und des Rückhubs (23) der erste Zylinderraum (44) über den ersten Hydraulikanschluss (37) mit dem Systemdruck (P_S) beaufschlagt ist.

11. Hydraulische Umformmaschine (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei

- die Umformmaschine des Weiteren eine Wegmesseinheit (10) zur Erfassung der Position und/oder Geschwindigkeit des Kolbens (29), der Kolbenstange (30) und/oder des Bären (3) umfasst und/oder

- wobei der Hydraulikkreis (7) des Weiteren zumindest einen, vorzugsweise zwei Druckaufnehmer (11, 12) umfasst, wobei ein erster Druckaufnehmer (11) zur Erfassung des Hy-

- draulikdrucks (P) im ersten Zylinderraum (44) und ein zweiter Druckaufnehmer (12) zur Erfassung des Hydraulikdrucks (P) im zweiten Zylinderraum (45) eingerichtet sind.
- 5
12. Hydraulische Umformmaschine (1) zumindest nach Anspruch 7, wobei
- 10
- das Volumen der Bohrung (34) über eine Drossel (40) mit dem Volumen des zweiten Zylinderraums (45) verbunden ist, so dass die Bohrung (34), mit dem zweiten Zylinderraum (45) über die Drossel (40) insbesondere dann verbunden sind, wenn der zweite Hydraulikanschluss (38) durch den Kolben (29) verschlossen ist und/oder
 - 15
 - ein Durchmesser der Bohrung größer ist als ein Durchmesser des Stangenfortsatzes, derart, dass ein durch einen Durchmesserunterschied zwischen Bohrung und Stangenfortsatz gebildeter Ringspalt als eine Drossel zur Abbremsung des Kolbens wirkt.
 - 20
13. Hydrauliksteuereinheit (8) zum Betrieb, insbesondere zur Steuerung oder Regelung, einer hydraulischen Umformmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend einen Prozessor und/oder eine Steuerelektronik oder Regelelektronik, der oder die zur Steuerung oder Regelung der Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks (21) vorgesehenen Arbeitshubs so eingerichtet ist, insbesondere derart, dass
- 25
- in einer ersten Phase das erste Hydraulikventil (13) geöffnet ist und der Bär (3) in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird,
 - 30
 - in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) auf eine vorgegebene Nachströmöffnungsweite reduziert ist, und
 - 35
 - das erste Hydraulikventil (13) während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist.
 - 40
 - 45
14. Hydrauliksteuereinheit (8) nach Anspruch 13, wobei
- 50
- der Hydraulikkreis des Weiteren ein zweites Hydraulikventil (14) umfasst, das mit dem zweiten Hydraulikanschluss (38) verbunden ist, und wobei die Hydrauliksteuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, eine Öffnungsweite des zweiten Hydraulikventils (14), welches vorzugsweise als ein Proportionalventil ausgebildet ist, so zu steuern, dass bei einem entgegengesetzt zum Arbeitshub erfolgenden Rückhub eine Ausgangsposition des Bären (3) für einen nachfolgenden
 - 55
- Arbeitshub variabel einstellbar ist und/oder
- die Umformmaschine (1) des Weiteren eine Messeinheit zur Ermittlung der Position des Bären (3) umfasst, wobei die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer von der Messeinheit für einen vorausgehenden Arbeitshub ermittelten Umformposition, einen oder mehrere Betriebsparameter, wie eine Ausgangsposition und/oder eine Sollgeschwindigkeit und/oder eine Schlagenergie des Bären (3), für einen darauffolgenden Arbeitshub zu ermitteln, wobei, vorzugsweise, ein initialer Arbeitshub als ein bei minimaler Schlagenergie ausgeführter Richtschlag eingerichtet ist, und/oder
 - die Hydrauliksteuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, auf Grundlage einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Ausgangsposition und einer variablen Umformposition, insbesondere einer variabel vorgebbaren und/oder ermittelbaren Umformposition, die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) zu steuern, insbesondere derart, dass der Arbeitshub, insbesondere ein Umformschlag, mit einer jeweils geeigneten, vorzugsweise vorgegebenen, insbesondere jeweils maximal verfügbaren, Schlagenergie ausführbar ist und/oder.
 - die Hydrauliksteuereinheit (8) dazu eingerichtet ist, eine Ausgangsposition zur Ausführung eines Arbeitshubs variabel einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit zumindest eines Betriebsparameters des Hydraulikzylinders (2) bezüglich eines oder mehrerer vorangehender Arbeitshübe, wobei es sich bei dem Betriebsparameter vorzugsweise um einen durch eine oder mehrere Sensoreinheiten erfassten Betriebsparameter handelt, und/oder
 - die Hydrauliksteuereinheit dazu eingerichtet ist, bei vorgegebener Umformenergie eine Ausgangsposition für einen Arbeitshub zu ermitteln und durch Steuerung und/oder Regelung des zweiten Hydraulikventils (14) bei einem Rückhub einzustellen, wobei die Hydrauliksteuereinheit vorzugsweise dazu eingerichtet ist, die Ausgangsposition auf Grundlage einer freien Weglänge des Bären (3) zwischen Ausgangsposition und Umformposition eines vorangehenden Arbeitshubs variabel einzustellen.
15. Hydrauliksteuereinheit (8) nach einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei die Hydrauliksteuereinheit (8) des Weiteren eingerichtet ist, eine Position und/oder Geschwindigkeit des Kolbens (29), der Kolbenstange (30) und/oder des Bären (3) über eine Wegmesseinheit (10) zu ermitteln, und das erste und/oder zweite Hydraulikventil (13, 14) in Abhängigkeit der ermittelten Position und/oder Geschwindigkeit zu steuern oder regeln, vorzugsweise gemäß eines vorgegebenen oder vorgebbaren Positions-

und/oder Geschwindigkeitsverlaufs.

16. Hydrauliksteuereinheit (8) nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Hydrauliksteuereinheit (8) des Weiteren eingerichtet ist, den im ersten und/oder zweiten Zylinderraum (44, 45) herrschenden Hydraulikdruck (P) mittels eines ersten bzw. zweiten Druckaufnehmers (11, 12) zu ermitteln, und das erste und/oder zweite Hydraulikventil (13, 14) in Abhängigkeit des ermittelten Hydraulikdrucks (P) zu steuern und/oder regeln, insbesondere gemäß eines vorgegebenen Druckverlaufs und/oder derart, dass der Hydraulikdruck (P) im Hydraulikkreis (7), insbesondere im zweiten Zylinderraum (45), im Wesentlichen oberhalb des Kavitationsdrucks des Hydraulikfluids liegt. 5
10
15
17. Verfahren zum Betrieb, insbesondere zur Steuerung oder Regelung, eines Hydraulikzylinders (2) einer hydraulischen Umformmaschine (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 20
- Steuern und/oder Regeln der Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) durch die Steuereinheit (8) bei Ausführung eines zur Umformung eines Werkstücks (21) vorgesehenen Arbeitshubs derart, dass 25
- in einer ersten Phase das erste Hydraulikventil (13) geöffnet ist und der Bär (3) in der ersten Phase auf eine Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird, 30
 - in einer sich an die erste Phase anschließenden zweiten Phase die Öffnungsweite des ersten Hydraulikventils (13) auf eine vorgegebene Nachströmöffnungsweite reduziert wird, und 35
 - das erste Hydraulikventil (13) während eines zum Arbeitshub entgegengesetzt verlaufenden Rückhubs geschlossen ist. 40

45

50

55

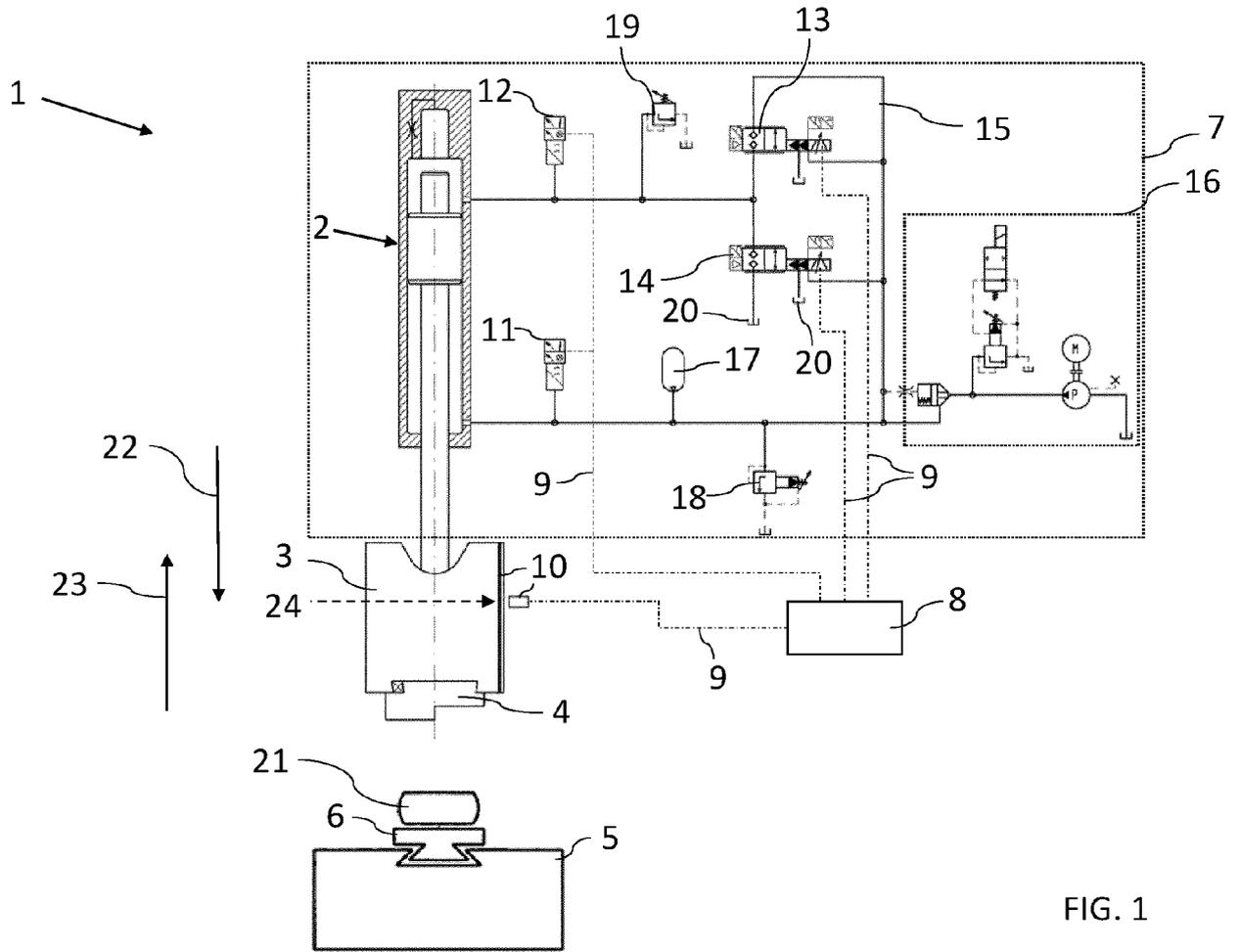


FIG. 1

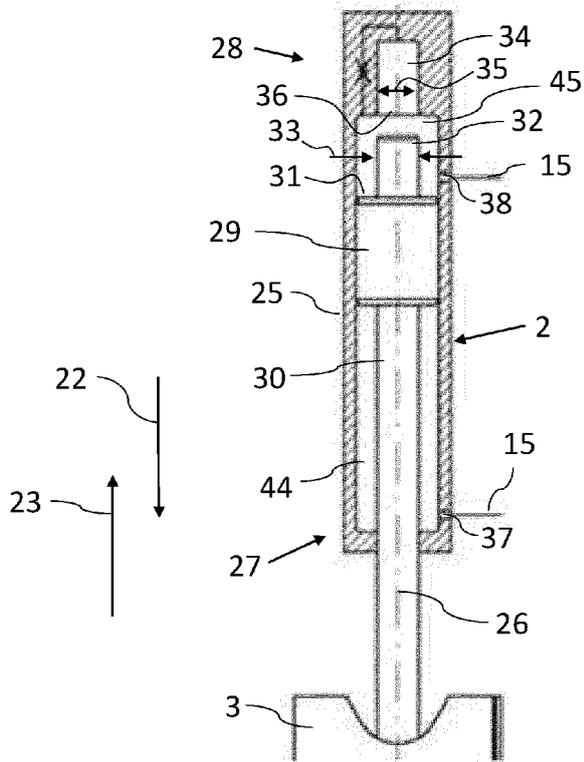


FIG. 2

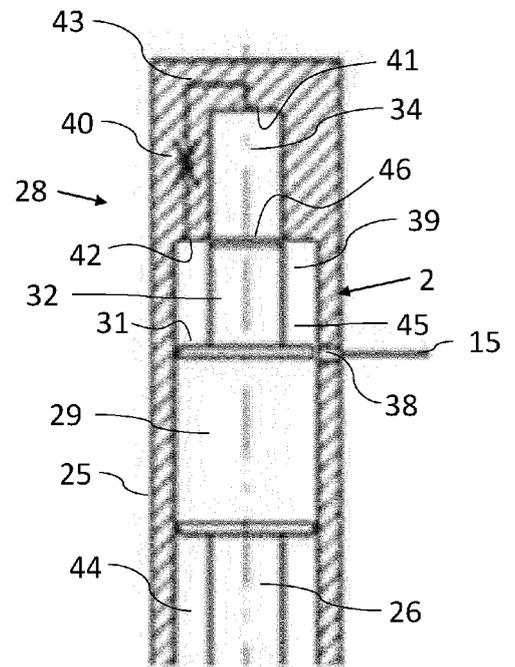


FIG. 3

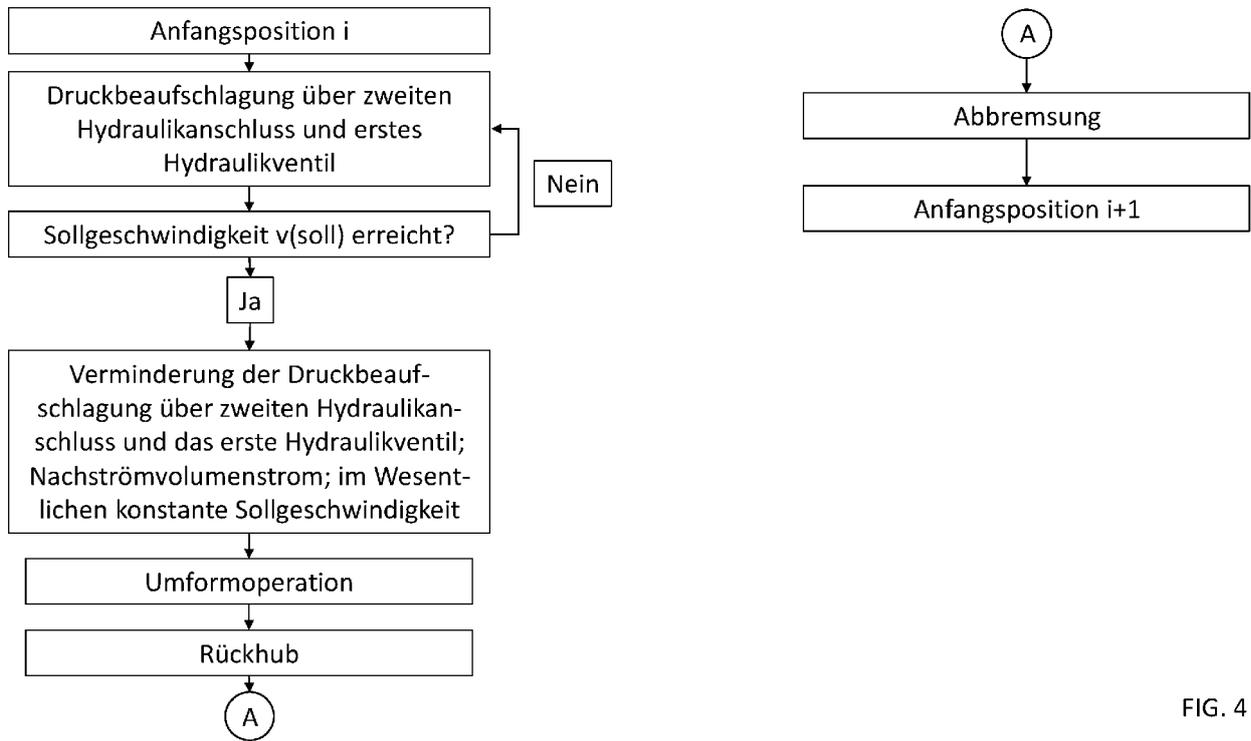


FIG. 4

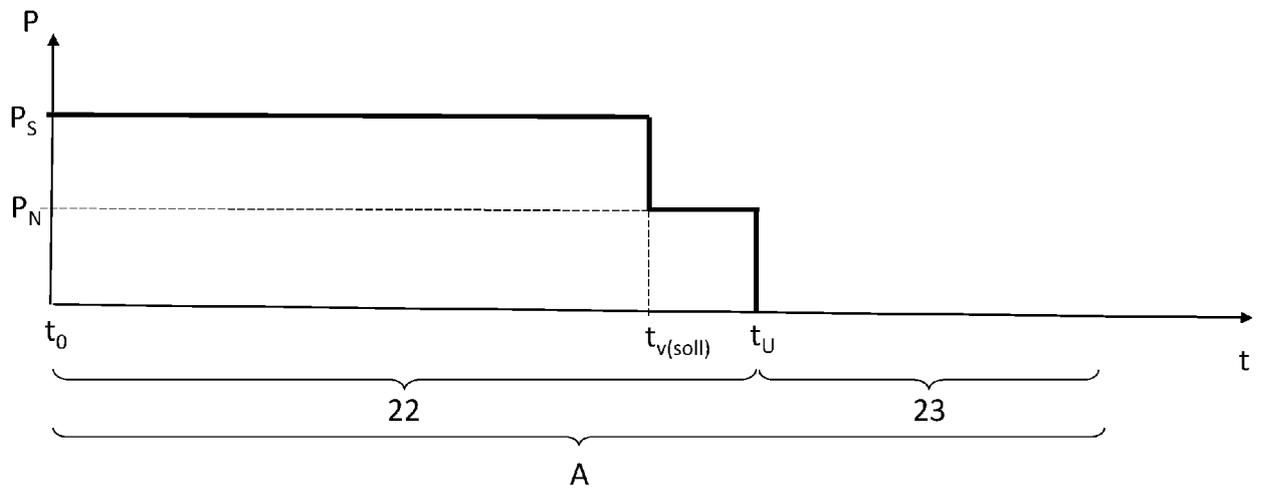


FIG. 5

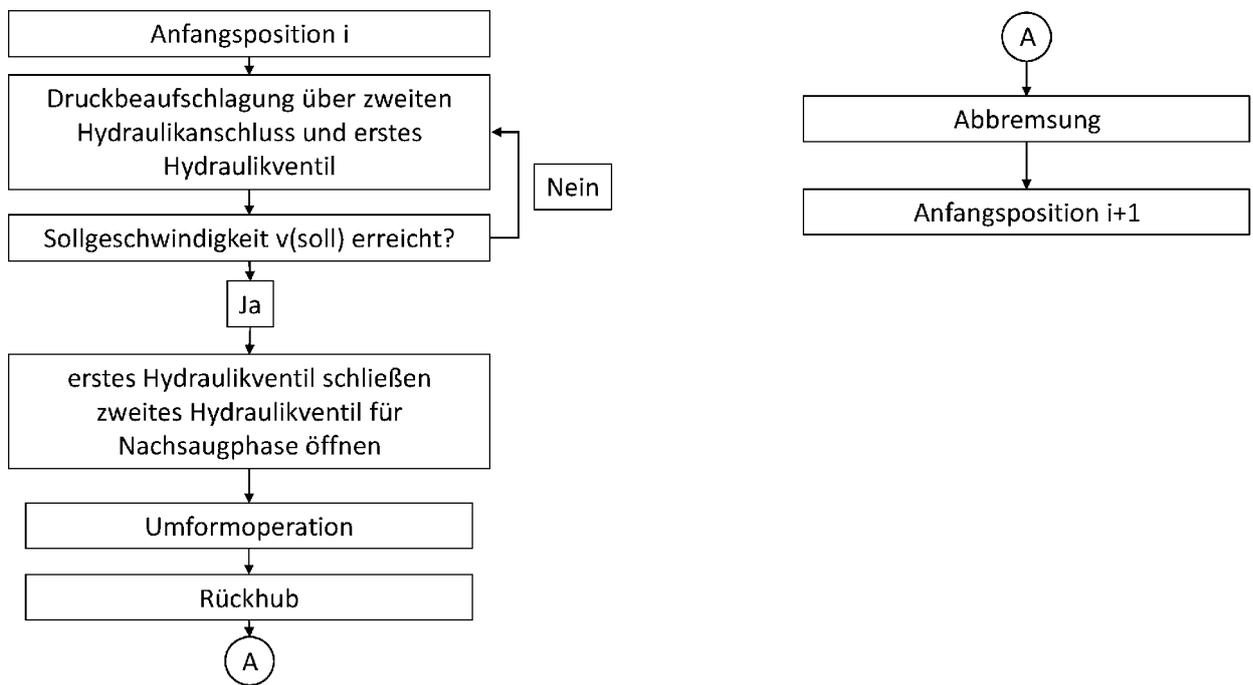


FIG. 6

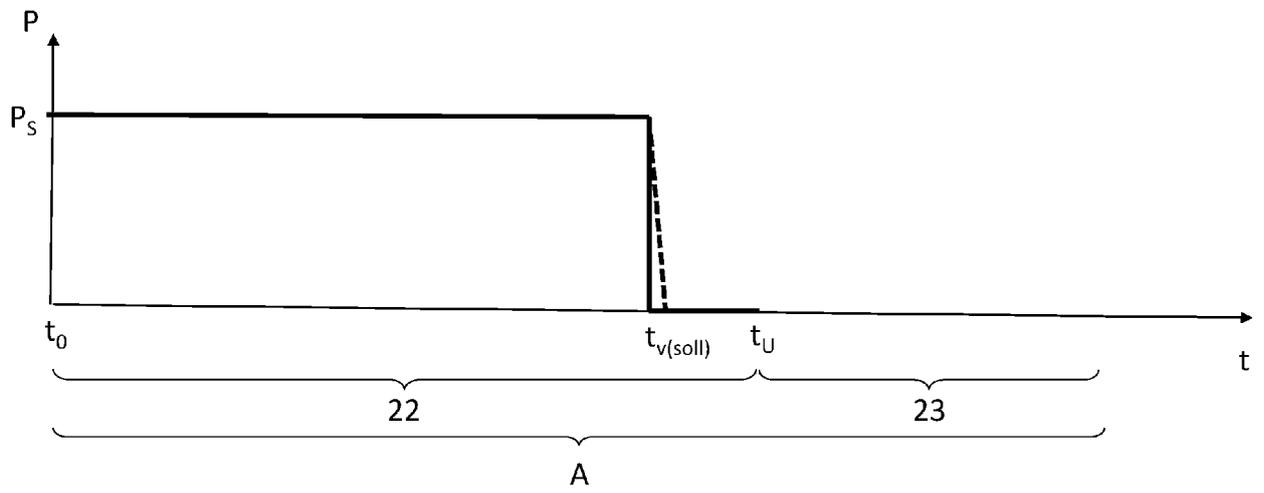


FIG. 7

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 19680008 C1 [0003]
- WO 2013167610 A1 [0003]
- DE 102015105400 A1 [0004]
- DE 102014002888 B4 [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- VDI-Lexikon Band Produktionstechnik Verfahrenstechnik, Herausgeber: Hiersig. VDI-Verlag, 1995, 1107-1113 [0002]