



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 628 T2** 2005.10.06

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 001 197 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F16K 17/10**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 628.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 308 145.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **15.10.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.05.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.10.2005**

(30) Unionspriorität:

189613 09.11.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

Sun Hydraulics Corp., Sarasota, Fla., US

(72) Erfinder:

Zähe, Bernd, 52441 Linnich, DE

(74) Vertreter:

**Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189
Wiesbaden**

(54) Bezeichnung: **Steuerbares Druckventil**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Anordnungen ist jedoch viskositätsempfindlich.

[0001] Diese Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Drucksteuerventile bei hydraulischen Systemen und insbesondere auf ein Pilot-betätigtes Druckventil, das Druckspitzen und hydraulischen Stoß bei derartigen Systemen verringert oder im Wesentlichen beseitigt.

[0002] Druckentlastungsventile werden verwendet, um ein schnelles Öffnen für übermäßigen hydraulischen Druck bei einem hydraulischen System bereitzustellen, bei dem das Ventil installiert ist. Diese Ventile sind durch eine Struktur gekennzeichnet, durch die hydraulischer Druck in dem System durch Entlasten und Entlüften von etwas von dem mit Druck beaufschlagten Fluid zurück zu einem Versorgungstank oder Behälter geregelt wird.

[0003] Alle herkömmlichen Entlastungsventile, wie beispielsweise ein Differentialkolben-Entlastungsventil oder ein Pilot-betätigtes Entlastungsventil, weisen ein beträchtliches Defizit auf, wenn sie in einem hydraulischen System installiert sind. Wenn das hydraulische System betätigt wird, um einen hydraulischen Aktuator, Zylinder oder Motor anzuschalten, steigt der Druck nahezu sofort an. Als Ergebnis gibt es eine scharfe hydraulische Spitze in dem Druckniveau des Fluidsystems, die zu einem übermäßigen plötzlichen Anschalten des hydraulischen Motors führt. Die Betriebseinschränkung ist nicht nur für das System schädigend, sondern sie kann ebenfalls betriebsmäßig nachteilig sein, weil das betätigte Gerät ein zu scharfes Anschalten aufweisen wird.

[0004] Weitere patentierte Entlastungsventile, die ein "Sanftstart"-Merkmal beanspruchen, werden in dem an Kosarzecki erteilten US-Patent 4 653 527, in dem von Sagawa erfundenen US-Patent 5 050 636 und in dem von DiBartolo erfundenen US-Patent 5 381 823 offenbart. Bei jedem dieser Ventile des Stands der Technik wirkt mit Druck beaufschlagter Fluidströmung, um einen Innenkolben zu bewegen, der ferner eine Feder spannt, die die maximale Betriebsdruckeinstellung des Ventils erhöht.

[0005] Ein allgemeines technisches Problem mit den obigen Entlastungsventilen betrifft das bei jedem verkörperte Prinzip, das von einem sehr hohen Druckabfall über eine Pilotöffnung abhängt, der sich ziemlich proportional zu dem Einlassdruck verändert. Bei hohem Einlassdruck und bei plötzlichen Druckanstiegen steigt die Einstellung des Ventils viel schneller als bei einem niedrigen Druck an, der einen niedrigen Druckanstieg aufweist. Um technisch vernünftige Strömungen zu verwirklichen, verringern sowohl Kosarzecki als auch DiBartolo den wirksamen Drosseldurchmesser durch Verwenden eines Drahts oder eines Stifts in einem Loch, womit eine sehr kleine Ringfläche erzeugt wird. Die Strömung über derartige

[0006] Die Reibung des bewegbaren Kolbens bei jeder dieser Vorrichtungen ist eine Quelle eines noch weiteren Problems beim Spannen der Pilotfeder, um den Betriebsdruck zu erhöhen. Der bewegbare Kolben muss hohen Druck gegen den niedrigen Druck abdichten, die beide gleichzeitig in diesen Ventilen des Stands der Technik existieren. DiBartolo verwendet zwei Dichtungen, die den vollen Druckabfall über das Ventil erleben. Die resultierende Reibung beeinflusst drastisch die Leistung des Ventils. Somit musste DiBartolo die wirksame Fläche des Kolbens erhöhen, der die Pilotfeder spannt. Durch diese Anordnung beginnt der Kolben, die Betriebsdruckeinstellung des Ventils bei Drücken zu erhöhen, die viel niedriger als der tatsächliche Einlassdruck des Systems sind. Als Ergebnis wird das Ventil häufig vorzeitig auf eine maximale Einstellung eingestellt, womit es sein Dämpfungs- oder "Sanftstart"-Merkmal vollständig verloren hat.

[0007] Kosarzecki verringerte die Reibung dieses Ventils durch Verwenden eines Kolbens vom Spulentyp ohne Gummidichtungen. Obwohl diese Vorrichtung die Reibung zu einem hohen Ausmaß verringert, empfiehlt Kosarzecki weiterhin eine wirksame Fläche für den federbelasteten Kolben, die zehn Prozent (10%) größer als die wirksame Fläche für den Hauptkolben ist. Als Ergebnis ist die Einstellung des Ventils zehn Prozent höher als der tatsächliche Druck, wenn der Einlassdruck für eine Zeitspanne stationär bleibt. Bei plötzlichen Druckanstiegen wird außerdem das Kosarzecki-Ventil zuerst geschlossen, und Druckspitzen können nicht beseitigt werden. Außerdem arbeitet dieses Ventil nur für einen Strömungspfad, der "Seite-zu-Nase" ist, was bedeutet, dass der Betriebsdruck an der Seite des Ventils zu dessen Nase entlastet wird. Der bevorzugte Strömungspfad für ein Kassettenventil ist "Nase-zu-Seite" aus vielen praktischen Gründen.

[0008] Das Sagawa-Patent verringert die Reibung an dem Ladekolben, indem ebenfalls ein Kolben vom Spulentyp ohne Gummidichtungen verwendet wird. Sagawa verwendet jedoch ebenfalls einen Differentialbereich für dieses System, sodass die beiden Durchmesser des Kolbens und der Spule eine sehr genaue Herstellung und Konzentrität erfordern.

[0009] Diese Sanftstart-Ventile des Stands der Technik sind direkt wirkende Entlastungsventile. Im Gegensatz dazu ist die vorliegende Erfindung ein Pilot-betätigtes Entlastungsventil. Wie bei anderen Pilot-betätigten Entlastungsventilen ist der Druck in der Pilotkammer viel niedriger als der gesteuerte Druck, wobei jedoch der Lademechanismus immer einen viel höheren Druck erlebt. Da der Mechanismus, der die Einstellung des Ventils bei der vorliegenden Erfindung ändert, an der Pilotseite des Ventils ist, erlebt

dieser Mechanismus viel niedrigere Drücke als die existierenden Ventile. Dies macht es möglich, die Einstellung des Ventils langsam und mit niedriger Hysterese zu ändern.

[0010] Das bei der vorliegenden Erfindung aufgenommene allgemeine Prinzip beinhaltet das Begrenzen des Pilotkammerdrucks und der Rate des Einlassdruckanstiegs. Dies wird größtenteils durch Positionieren des veränderlichen Springlademechanismus in dem sehr niedrigen Druck in der Pilotkammer erreicht, der gerade ausreicht, um die Pilotkammerfeder vollständig auf ihre maximale Druckeinstellung vorzuspannen. Außerdem folgt der Betriebsdruck, bei dem sich das Ventil öffnet, langsam dem tatsächlichen Druck an der Einlassöffnung des Ventils. Bei einem plötzlichen Druckanstieg in dem System, wenn der Einlassdruck die maximale Ventileinstellung überschreitet, kann das Ventil offen sein, bis die Einstellung und der tatsächliche Druck erneut gleich sind. Somit konnte, unter der Annahme, dass die Strömung die Kapazität des Ventils nicht überschreitet, der Druck an den Ventileinlass nicht schneller als die Betriebsdruckeinstellung des Ventils selbst ansteigen.

[0011] Diese Erfindung ist auf ein Pilot-betätigtes Druckventil gerichtet, das die Rate des Druckanstiegs begrenzt und übermäßige Systemdruckspitzen im Wesentlichen beseitigt. Das Ventil gemäß der Erfindung wird in Anspruch 1 definiert. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen definiert. Eine bevorzugte Ausführungsform umfasst einen Einlass, einen hohlen zylindrischen Hauptkörper, der dichtend mit einem Ende davon mit dem Einlass verbunden ist, eine Pilotkammer mit einer Buchse, die verschiebbar in dem Hauptkörper angebracht ist, und einer Betriebsdruckeinstellvorrichtung, die mit einem anderen Ende des Hauptkörpers benachbart einem anderen Ende der Pilotkammer zum Auswählen eines minimalen Betriebsdrucks des Ventils verbunden ist. Eine Hauptkammer empfängt mit Druck beaufschlagtes Fluid, das durch eine Hauptöffnung eingespeist wurde, und führt mit Druck beaufschlagtes Fluid durch eine Dämpfungsöffnung ab, wenn die Hauptkammer gefüllt ist und der Fluid-Einlassdruck ein vorbestimmtes Ventilbetriebsdruckniveau überschreitet, der ausreicht, um eine federvorgespannte Pilotkugel stromabwärts von der Dämpfungsöffnung zu öffnen. Der Einlass kann eine Auslassöffnung stromaufwärts von der Hauptöffnung zum Abführen eines mit Druck beaufschlagten Fluids von dem Ventil zurück zu einem Versorgungstank öffnen, wenn der Einlassdruck den Betriebsdruck überschreitet. Mit Druck beaufschlagtes Fluid wird ebenfalls von der Pilotkammer durch eine Steueröffnung in eine Ladekammer gespeist, um ferner den Betriebsdruck des Ventils bis zu seiner Maximaldruckeinstellung automatisch zu betätigen. Ein Entlastungsventil kann mit Druck beaufschlagtes

Fluid von der Pilotkammer abführen, wenn der Fluid-Druck dort einen relativ niedrigen Pilotdruck überschreitet.

[0012] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0013] [Fig. 1](#) ist eine Seitenaufriss-Schnittansicht der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0014] [Fig. 2](#) ist eine Vergrößerung des Bereichs A von [Fig. 1](#).

[0015] [Fig. 3](#) ist ein typisches Diagramm eines aufgezeichneten Fluid-Druckanstiegs als Funktion der Zeit von Fluidruck an dem Einlass eines herkömmlichen Druckventils.

[0016] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm eines aufgezeichneten Fluid-Druckanstiegs als Funktion der Zeit, das dem von [Fig. 3](#) der vorliegenden Erfindung ähnlich ist.

[0017] Mit Bezug nun auf die Zeichnungen und zuerst auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird die bevorzugte Ausführungsform allgemein als Bezugsziffer **40** gezeigt. Dieses Pilotbetätigte Druckventil **40** umfasst im Allgemeinen vier Hauptbestandteile, ein Einlasselement **42**, einen länglichen zylindrischen Hauptkörper **44**, ein Pilotkammerelement **46** und ein Druckeinstellelement **48**.

[0018] Der Hauptkörper **44** ist abdichtend mit einem Ende davon mit und sich longitudinal erstreckend von einem Ende des Einlasselements **42** verbunden. Das Pilotkammerelement **46** umfasst eine zylindrische Buchse **14**, die zur begrenzten longitudinale Bewegung innerhalb des Hauptkörpers **44** verschiebbar angebracht ist und die Seitenwände einer Pilotkammer **24** bildet. Die Buchse **14** ist mit einem Halter **26** verbunden und erstreckt sich longitudinal davon, der unbeweglich als Teil des Einlasselements **42** gehalten wird. Das Druckeinstellelement **48** ist abdichtbar und schraubbar mit einem anderen Ende des Hauptkörpers **44** an einem anderen Ende des Pilotkammerelements **46** verbunden, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist.

[0019] Im Allgemeinen ist das Einlasselement **42** aufgebaut, um mit Druck beaufschlagtes Fluid bei Systemdruck aufzunehmen. Eine Hauptkammer **30** nimmt eingespeiste Fluidströmung an der Einlassöffnung **1** durch eine Hauptöffnung **18** auf und transferiert Fluid mit einer Pilotströmungsrate von der Hauptkammer **30** durch eine Dämpfungsöffnung **22** in die Pilotkammer **24** durch den Halter **26**, wenn der Einlassbetriebsdruck des Ventils ausreichend ist, um eine vorgespannte geschlossene Pilotkugel **15** zu öffnen. Die Hauptkammer **30** mit einer Kompressionsfeder **17** hält den Kopf des Hauptkolbens **20** in einer in

Fig. 1 gezeigten geschlossenen Konfiguration, wobei die Auslassöffnung **2** gegen Fluid-Kommunikation mit der Einlassöffnung **1** abgedichtet ist. Wenn der Einlassdruck über den voreingestellten Betriebsdruck des Ventils ansteigt, erzeugt die Fluidströmung durch die Hauptöffnung **18** einen ausreichenden Druckabfall über die Hauptöffnung **18**, um die Hauptfeder **17** zu überwinden, woraufhin mit Druck beaufschlagtes hydraulisches Fluid direkt von der Einlassöffnung **1** zu der Auslassöffnung **2** und dann zu einem Tank oder einem Behälter mit niedrigerem oder Nulldruck fließen wird.

[0020] Mit Druck beaufschlagtes Fluid an der Einlassöffnung **1** strömt mit einer niedrigen Pilotrate durch die Hauptöffnung **18**, die zentral an einem Ende des Hauptkolbens **20** positioniert ist. Die bevorzugte Größe der Hauptöffnung **18** beträgt etwa 0,03 Zoll (0,76 mm) im Durchmesser. Wenn die Hauptkammer **30** mit hydraulischem Fluid gefüllt ist, wird der Druck in der Kammer **30** im Allgemeinen gleich dem des Systemsdrucks an der Einlassöffnung **1** sein. Das mit Druck beaufschlagte Fluid strömt ebenfalls von der Hauptkammer **30** durch die Dämpfungsöffnung **22**, die zentral innerhalb eines longitudinalen Durchgangs **27** des Halters **26** positioniert ist, und wenn der Einlass-Fluidruck auf einen Betriebsdruck ansteigt, der anfänglich durch die Vorspannung der Pilotfeder **13** festgelegt wird, wird die Pilotkugel **15** gegen die von der Pilotfeder **13** innerhalb der Pilotkammer **24** erzeugte Vorspannkraft verschoben. Danach wird die gesamte Pilotkammer **24** mit Druck beaufschlagtem Fluid gefüllt, das keinen vorbestimmten Pilotkammerdruck von etwa 225 p.s.i. (1,6 MN/m²) überschreiten wird, wie hier nachstehend beschrieben ist.

[0021] Wenn mit Druck beaufschlagtes Fluid in die Pilotkammer **24** eintritt und diese füllt, wird Luft in der Kammer zusammen mit einer sehr kleinen Menge von mit Druck beaufschlagtem Fluid langsam von einer Ablassöffnung **3** abführen, die durch die Seite der Buchse **14** gebildet ist, die einen bevorzugten Durchmesser von 0,016 Zoll (0,4 mm) aufweist, einen Durchmesser, der ausreichend klein ist, um den Hauptkolben **20** nur aufgrund der Fluidströmungsrate durch die Ablassöffnung **3** am Öffnen zu hindern. Ein Spielraum **28** ist zwischen der äußeren zylindrischen Oberfläche der Buchse **14** und der inneren zylindrischen Oberfläche des Hauptkörpers **23** vorgesehen, der Fluid und Luft lenkt, die von der Ablassöffnung **3** von dem Ventil durch ein Entlastungsloch **6** abgeführt wird, das durch den Hauptkörper **23** benachbart eines Endes ausgebildet ist.

[0022] Die Strömungsrate, die erforderlich ist, um die Pilotkammer **24** zu laden, um das Ventil auf den tatsächlichen Druck an der Öffnung **1** einzustellen, ist niedriger als die Strömung die erforderlich ist, um den Hauptkolben **20** gegen die Hauptfeder **17** zu bewe-

gen.

[0023] Mit Druck beaufschlagtes Fluids bei dem relativ niedrigen Pilotkammerdruck, der nicht den durch eine Entlastungsfeder **10** festgelegten überschreiten kann, die gegen eine Entlastungskugel **11** wirkt, strömt zusätzlich von der Pilotkammer **24** durch eine Steueröffnung **7**, um eine Ladekammer **32** zu füllen, und gegen Oberflächen **14a**, **14b** und **14c** in **Fig. 2**, die gleich der Oberfläche des Durchmessers der Buchse **23** ist. Da die Ladekammeroberflächen in der Fläche größer als die des Endes **26** der Oberfläche des Halters **26** sind, wird, wenn der Pilotkammer-Fluidruck ansteigt, die gegen die Pilotfeder **13** ausgeübte Kompressionskraft durch die Buchse **14** erhöht, die sich zu dem Halter **26** bewegt, um den Druck gegen die Pilotkugel **15** zu erhöhen. Durch diese Anordnung eines ausreichend großen Differentialbereichs steigt der Betriebsdruck, der in der Hauptkammer **30** erforderlich ist, um die Pilotkugel **15** zu verschieben, mit dem Pilotkammerdruck an, um den Betriebsdruck des Ventils zu seiner maximalen Einstellung einzustellen. Somit wird die minimale Pilotfederkraft, die ausgeübt wird, um die Pilotkugel **15** in einer eingestellten Orientierung beizubehalten, bei keinem oder einem sehr niedrigen Pilotkammerdruck durch den Kontakt des Flansches **34** des Entlastungsfedergehäuses **36** innerhalb der Ladekammer **32** in der gezeigten Position festgelegt, während der maximale Betriebsdruck des Ventils festgelegt wird, wenn sich der Flansch **34** und die Buchse **14** zu dem entgegengesetzten Ende der Ladekammer **32** in der Richtung des Pfeils **B** bewegen, wenn der Pilotdruck gegen die Ladeoberflächen **14a**, **14b** und **14c** erhöht wird.

[0024] Es sei bedeutsamerweise bemerkt, dass die Geschwindigkeit, mit der sich die Buchse **23** zu einer maximalen Pilotfeder-Vorlaststellung bewegt, durch die Rate der Fluidströmung durch die Steueröffnung **7** bestimmt wird. Außerdem lädt der Fluid-Druckaufbau in der Pilotkammer **24** die Pilotfeder **13** zu einer Druckeinstellung des Ventils **40** vor, die gleich dem momentanen Druck an der Einlassöffnung **1** ist.

[0025] Beispielsweise ist bei der bevorzugten Ausführungsform die wirksame Fläche für den Pilotdruck, um zu wirken, mit Bezug auf das offene Ende der Oberfläche **29** der Buchse **14**, die einen differentiellen Ringbereich definiert. Der Außendurchmesser der Buchse **14** beträgt 0,685 Zoll (17 mm); der Innendurchmesser der Buchse **14** und der Außendurchmesser des Halters **26** betragen 0,500 Zoll (13 mm). Die Differentialfläche beträgt daher etwa 0,172 Quadratzoll (110 mm²). Das bedeutet, dass ein Pilotkammerdruck von 225 p.s.i. (1,5 MN/m²) eine Kraft von etwa 38 lbs. (17 kg) gegen die Pilotfeder **14** ausübt, die gegen die Pilotkugel **15** ausgeübt wird. Der Pilotkugelsitzdurchmesser beträgt 0,092 Zoll (2,3 mm), der eine wirksame Fläche von 0,0066 Quadratzoll (4,3 mm²) definiert. Die Pilotfederkraft von 38 lbs. (17

kg) Federkraft stellt das Ventil auf einen Betriebsdruck von 5757 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$) ein. Der Druck in der Pilotkammer **24** von 225 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$) ist zu dieser Einstellung hinzuzufügen, sodass die maximale Betriebsdruckeinstellung des Ventils etwa 6000 p.s.i. (40 MN/m^2) beträgt.

[0026] Die Einzelheiten der Struktur der vorliegenden Erfindung, die in dem vergrößerten Bereich A von [Fig. 2](#) gezeigt sind, stellt die tatsächlichen "Sanftstart"-Funktionsvorteile dieser Erfindung bereit. Wenn die Pilotkammer **24** im Wesentlichen mit mit Druck beaufschlagtem Fluid gefüllt ist, wird eine Kraft ausgeübt, um die Entlastungskugel **11** gegen die Pilotfeder **10** von ihrer gezeigten eingepassten und abgedichteten Position zu verschieben. Dieser maximale Pilotkammerdruck beträgt vorzugsweise etwa 225 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$). Der Fluid-Druckanstieg in der Pilotkammer **24** bis zu diesem öffnenden Pilotdruck der Entlastungsventilkugel **11** stellt automatisch eine weitere Kompression der Pilotfeder **13** ein, wie zuvor beschrieben. Wenn die Entlastungskugel **11** verschoben wird, wenn der Pilotdruck in der Pilotkammer **24** erreicht wird, wird das mit Druck beaufschlagte Fluid von der Pilotkammer **24** durch ein Kreuzloch **2** entlang des Spielraums **28** zwischen der Buchse **14** und dem Hauptkörper **23** für die Abführung von dem Ventil durch das Entlastungsloch **6** strömen. Durch diese Anordnung kann der Pilotdruck in der Pilotkammer **24** niemals den wirksamen voreingestellten Pilotdruck von etwa 225 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$) überschreiten, der gerade ausreichend gemacht wird, um die Pilotfeder **13** vollständig zu ihrer maximalen Einstellung vorzubelasten, wodurch der Flansch **34** in der Ladekammer **32** zu der maximalen Verschiebung in der Richtung des Pfeils B in [Fig. 2](#) bewegt wird. Somit ist das Verhältnis der Größenordnung zwischen den Betriebs- und Pilotdrücken mindestens etwa 10 zu 1 und vorzugsweise so hoch wie etwa 25 zu 1.

[0027] Um die maximale Betriebsdruckeinstellung des Ventils **40** zu verändern, ist das Druckeinstellelement **48** schraubbar longitudinal oder axial von dem Ventil **40** bewegbar, um die Buchse **24** entsprechend zu bewegen. Diese Buchsenbewegung verändert die Kompressionsvorspannung der Pilotkammerfeder **13** und die proportional veränderte Vorspannung gegen die Pilotkugel **15**.

[0028] Zusammenfassend begrenzt die vorliegende Erfindung die Rate des Druckanstiegs in einem einstellbaren Betriebsdruckbereich und ferner den Maximaldruck in dem Ventil und dem System, bei dem es verbunden ist. Aufgrund dieser Druckratenanstiegsbegrenzung werden Druckspitzen oder hydraulischer Stoß ebenfalls durch das Ventil beseitigt. Der Ventilbetriebsdruck, bei dem sich das Ventil langsam öffnen wird, folgt dem tatsächlichen Druck an der Einlassöffnung **1**. Bei einem plötzlichen Druckanstieg

über den Betriebsdruck öffnet sich das Ventil, um mit Druck beaufschlagtem Fluid zu ermöglichen, sich durch die Öffnung **2** zu entleeren, bis zu einer solchen Zeit, wenn der Betriebsdruck des Ventils und der tatsächliche Einlassdruck erneut gleich sind. Außerdem kann, es sei denn, dass die Fluidströmung in das Ventil die Kapazität des Ventils selbst überschreitet, der Druck nicht schneller ansteigen als die Betriebsdruckeinstellung des Ventils.

[0029] Wie bei anderen Pilot-betätigten Entlastungsventilen weist dieses Ventil einen niedrigen Druck in der Pilotkammer auf. Für den Sanftstart-Mechanismus ist dies in dreierlei Hinsicht bedeutsam:

- Der maximale Druckabfall über die Öffnung **7** beträgt nur 225 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$). Dies bedeutet eine niedrige konsistente Strömung in die Ladekammer **32**, die dieses "Sanftstart"-Ventil von anderen Sanftstart-Ventilen unterscheidet. Andere Ventile weisen typischerweise eine Druckdifferenz bis zu etwa 6000 p.s.i. (40 MN/m^2) über der Öffnung aus, die die Verschiebung des Kolbens oder der Pilotbuchse steuert, die die Ventileinstellung bestimmt. Diese Strömungsrate in die Ladekammer durch die Öffnung **7** bestimmt die Rate, mit der sich die Einstellung des Ventils ändert. Die Rate der Einstelländerung ist gleich der Rate des Druckanstiegs an der Öffnung **1**;
- Die Dichtungen **60** und **62** nahe jedem Ende des Buchsenelements **46** erleben einen Druckabfall von lediglich maximal 225 p.s.i. ($1,5 \text{ MN/m}^2$) verglichen mit bis zu 6000 p.s.i. (40 MN/m^2) bei anderen Ausgestaltungen, was einem Faktor von etwa 27 entspricht. Dies setzt sich in bedeutend niedrigerer Reibung und niedrigerer Hysterese der vorliegenden Erfindung gegenüber anderen derartigen Ventilen des Stands der Technik um.
- Der Pilotdruck bestimmt ebenfalls die Fluidverluste, während das Ventil aktiv ist. Unter der Annahme, dass der Druck an der Öffnung **1** in dem Bereich ist, bei dem das Ventil die Rate des Druckanstiegs begrenzt, stellt das Ventil dann seine Einstellung auf den tatsächlichen Druck an der Öffnung **1** ein. Es tut dies durch Beaufschlagen der Pilotkammer mit Druck. Eine mit Druck beaufschlagte Pilotkammer verursacht eine Pilotastromung durch die Öffnung **3**. Je niedriger der Druck in der Pilotkammer ist, desto niedriger sind die Fluidverluste.

Beispiel

[0030] Wenn der Druck an der Öffnung **1** gleich 3000 p.s.i. (21 MN/m^2) ist, wird eine Pilotströmung die Pilotkammer **24** auf 110 p.s.i. mit Druck beaufschlagt (760 MN/m^2) (110 p.s.i. (770 KN/m^2) mal der wirksamen Fläche $0,172 (110 \text{ mm}^2) = 18,9 \text{ lbs. (8,6 kg)}$, $18,9 \text{ lbs. (8,6 kg)/0,0066 \text{ Quadratzoll (4,3 mm}^2)$ (wirksame Fläche der Pilotkugel) ist gleich 2890 p.s.i. (20 MN/m^2) plus 110 p.s.i. (770 KN/m^2) ist gleich 3000

p.s.i. (21 MN/m²)), d.h. einem Druckverhältnis von etwa 27 zu 1.

[0031] Mit Bezug nun auf [Fig. 3](#) wurde ein typisches Druckentlastungsventil des Stands der Technik ohne den Sanftstart-Mechanismus tatsächlich geprüft. Der Betriebsdruck des Ventils wird bei **50** gezeigt, um etwa 3500 p.s.i. (24 MN/m²) zu betragen. Dieser Betrag des Fluiddrucks wurde wiederholt in die Einlassöffnung des Ventils des Stands der Technik eingeführt, wobei der Systemdruck als Funktion der in Millisekunden gezeigten Zeit aufgezeichnet wurde. Die typische beschädigende hydraulische Druckspitze, die nahezu sofort beim Start jedes Druckzyklus auftrat, wie bei **52** gezeigt ist, reicht so hoch wie etwa 5400 p.s.i. (37 MN/m²), d.h. über fünfzig Prozent (50%) größer als der beabsichtigte Betriebsdruck des Ventils des Stands der Technik.

[0032] Die vorliegende Erfindung wurde dem gleichen Fluiddruck-Einlasszustand unterworfen, wobei dieses Ventil einen bei **54** gezeigten Betriebsdruck bei etwa 5000 p.s.i. (34 MN/m²) aufweist. Obwohl eine Druckspitze bei **56** auftrat, erreichte sie nur etwa 3760 p.s.i. (26 MN/m²), was erheblich unter dem beabsichtigten Betriebsdruck bei **54** ist, und der bei **58** gezeigte Druckanstieg war ein allmählicher Anstieg auf einer gleichmäßigen ansteigenden Druckniveaubasis. Dieser Druckanstieg **58** trat auf, nachdem die Pilotkugel **15** geöffnet wurde, und das Fluid in der Pilotkammer **24** bei einem Pilotdruck ansteigend war und sich die Betriebsdruckeinstellung des Ventils auf ihr Maximum einstellte. Somit wurde jeder Systemstoß und schädlicher übermäßiger Fluiddruck durch diese Erfindung beseitigt.

[0033] Das oben mit Bezug auf die Zeichnungen beschriebene Ventil zeigt tatsächlich eine Begrenzung von Druckspitzen und einer Rate des Druckanstiegs des Fluiddrucks in einem hydraulischen System. Das Ventil begrenzt den Druck in dem System, um die maximale Druckeinstellung des Ventils nicht zu überschreiten. Das Ventil begrenzt ebenfalls die Rate des Druckanstiegs in einem hydraulischen System bis zu der maximalen Druckeinstellung des Ventils, wobei diese nicht überschritten wird. Das beschriebene Druckventil kann ebenfalls bei verschiedenen Anwendungen, wie beispielsweise die eines Druckentlastungsventils, eines belüfteten Entlastungsventils, eines Folgeventils und eines Kickdown-Entlastungsventils verwendet werden.

[0034] Die Grundstruktur der vorliegenden Erfindung, wie oben beschrieben, kann ohne weiteres innerhalb des beabsichtigten Schutzzumfangs dieser Erfindung modifiziert werden. Eine derartige alternative Ausführungsform ist in der Form eines belüfteten Entlastungsventils, die durch Hinzufügen einer weiteren Auslassöffnung in dem Hauptkörper **23** erreicht wird, die in Fluid-Kommunikation mit einem anderen

Kreuzloch ist, das zwischen der Dämpfungsöffnung **22** und der Pilotkugel **15** positioniert ist. Dies erzeugt einen sehr niedrigen Riss- oder Öffnungsdruck des Kolbens **20** an der Auslassöffnung **2** abhängig von der Vorspannung der Hauptfeder **17**. Da dieses Ventil stromabwärts von der Dämpfungsöffnung **22** belüftet werden würde, wird ein zweites Pilotentlastungsventil an der Auslassöffnung **2** ferngesteuert. Durch selektives Schließen dieser dritten Öffnung steigt die Einstellung des Ventils schnell auf die minimale Druckeinstellung an, wie oben beschrieben ist. Wenn der Druck an der Einlassöffnung **1** weiter ansteigt, begrenzt das Ventil die Rate des Druckanstiegs erneut, wie zuvor beschrieben.

[0035] Eine weitere Ausführungsform dieser Erfindung ist in der Form eines Folgeventils, das eine dritte Öffnung durch den Hauptkörper **23** anstatt durch die Öffnung **2** über die Entlastungskugel **11** und das Kreuzloch **2** von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) aufweisen würde. Ein derartiges Folgeventil könnte verwendet werden, um die Bewegung hydraulischer Aktuatoren zu steuern, wobei, wenn der Druck an der Einlassöffnung **1** ansteigt, weil ein erster Aktuator voll ausgestreckt ist, sich das Ventil öffnen und ein weiterer mit der Öffnung **2** verbundener Aktuator beginnen würde, sich zu bewegen. Herkömmliche Folgeventile öffnen sich plötzlich, was Stöße verursacht, wie zuvor beschrieben, wenn der erste Aktuator zu einem mechanischen Stopp kommt, wobei die Anpassung der vorliegenden Erfindung vielmehr einen reibungslosen Übergang gewährleistet.

[0036] Eine noch weitere alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in der Form eines Kickdown-Entlastungsventils, das ein sich von der Hauptkammer **30** zu der Sitzoberfläche des Kolbens **20** erstreckendes Kreuzloch aufnehmen würde. Diese Ausführungsform würde ebenfalls die Hauptöffnung **18** eliminieren, sodass sich dieses Ventil öffnen und geöffnet bleiben würde, wenn der Druckanstieg an der Einlassöffnung die maximale Rate des Druckanstiegs des Ventils überschreitet. Das Ventil würde geöffnet bleiben, wenn es einmal geöffnet ist, weil das vorgeschlagene Kreuzloch in dem Kolben einen viel niedrigeren Druck als der Druck an der Öffnung **1** aufgrund der hohen Rate der Fluidströmung über dem Ende des Kreuzloches erlebt, wenn sich Fluid zwischen der Öffnung **1** und der Öffnung **2** bewegt.

[0037] Da alle diese alternativen Ausführungsformen die Entlastungsventilanordnung an dem entgegengesetzten Ende der Pilotkammer aufnehmen, wie in [Fig. 2](#) gezeigt und beschrieben ist, besitzen sie ebenfalls dieses tatsächlich realisierte "Sanftstart"-Merkmal ohne übermäßige Einschaltdruckspitzen über dem Betriebsdruck des Ventils.

[0038] Eine weitere alternative Ausführungsform

der Erfindung ist in einer Form, die die wesentlichen Aspekte dieser Erfindung aufnimmt, um eine externe Hauptstufe mit einem Piloten zu betätigen. Um dies zu erreichen, würde die Hauptkammer **30** dieser Erfindung mit der Hauptkammer des herkömmlichen Pilot-betätigten Entlastungsventils verbunden sein. Die Erfindung selbst könnte ohne die Hauptstufe, d.h. ohne den Hauptkolben **20**, die Feder **17**, die Dämpfungsöffnung **22** und ohne Kreuzlöcher in der Buchse **42** gebaut sein.

[0039] Obwohl die vorliegende Erfindung hier gezeigt und beschrieben wurde, in was als die praktischsten und bevorzugtesten Ausführungsformen angesehen werden, ist ersichtlich, dass Abweichungen davon innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung durchgeführt werden können, der somit nicht auf die hier offenbarten Einzelheiten begrenzt ist, sondern es ist der volle Schutzzumfang der Ansprüche zu bieten, um sämtliche und alle äquivalenten Vorrichtungen und Gegenstände zu umfassen.

Patentansprüche

1. Pilot-betätigtes Druckventil (**40**) mit:
 einem Einlassmittel (**42**), einem Hauptkörpermittel (**44**), einem Pilotkammermittel (**46**) und einem Betriebsdruckeinstellmittel (**48**);
 wobei das Einlassmittel angeordnet ist, um mit Druck beaufschlagtes Fluid durch eine Hauptöffnung (**18**) in einem Ende einer Hauptkammer (**30**) mit einer ersten Fluidströmungsrate aufzunehmen und mit Druck beaufschlagtes Fluid von der Hauptkammer durch eine Dämpfungsöffnung (**22**) mit einer zweiten Pilot-Fluidströmungsrate zu entladen, wenn der Fluideinlassdruck in der Hauptkammer ein vorausgewähltes Druckniveau überschreitet, das ausreicht, um eine federvorbelastete Pilotkugel (**15**) des Einlassmittels zu öffnen;
 wobei das Pilotkammermittel angeordnet ist, um eine veränderliche federvorbelastete Schließkraft gegen die Pilotkugel auszuüben und mit Druck beaufschlagtes Fluid aufzunehmen, das von dem Einlassmittel durch die Dämpfungsöffnung in eine abgedichtete innere Pilotkammer (**24**) des Pilotkammermittels entladen wird, wenn die Pilotkugel geöffnet wird, wodurch die Pilotkammer wesentlich mit mit Druck beaufschlagtem Fluid gefüllt wird;
 wobei das Pilotkammermittel ebenfalls angeordnet ist, um mit Druck beaufschlagtes Fluid von der Pilotkammer durch eine Steueröffnung (**7**) in eine Ladekammer (**32**) zu entladen, die zwischen dem Pilotkammermittel und dem Druckeinstellmittel positioniert ist, wodurch das Pilotkammermittel longitudinal innerhalb des Hauptkörpermittels verschoben wird, um die gegen die Pilotkugel ausgeübte federvorbelastete Schließkraft zu erhöhen und somit den Betriebsdruck des Ventils zu verändern.

2. Pilot-betätigtes Druckventil gemäß Anspruch

1, bei dem Pilotkammermittel ebenfalls ein Entlastungsventilmittel zum Entladen von mit Druck beaufschlagtem Fluid von der Pilotkammer und von dem Ventil umfasst, wenn der Fluidruck innerhalb der Pilotkammer einen Pilotkammerdruck überschreitet, der wesentlich geringer als der Fluideinlassdruck ist.

3. Pilot-betätigtes Druckventil gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Einlassmittel ebenfalls ein Ventilmittel zum Entladen von mit Druck beaufschlagtem Fluid von dem Einlassmittel über einen Auslassport (**2**) umfasst, wenn der Einlassdruck über den voreingestellten Betriebsdruck des Ventils ansteigt.

4. Pilot-betätigtes Druckventil gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Betriebsdruckeinstellmittel longitudinal innerhalb des Ventils verschoben werden kann, um die federvorbelastete Schließkraft einzustellen, die gegen die Pilotkugel ausgeübt wird, und dadurch den maximalen Betriebsdruck des Ventils einzustellen.

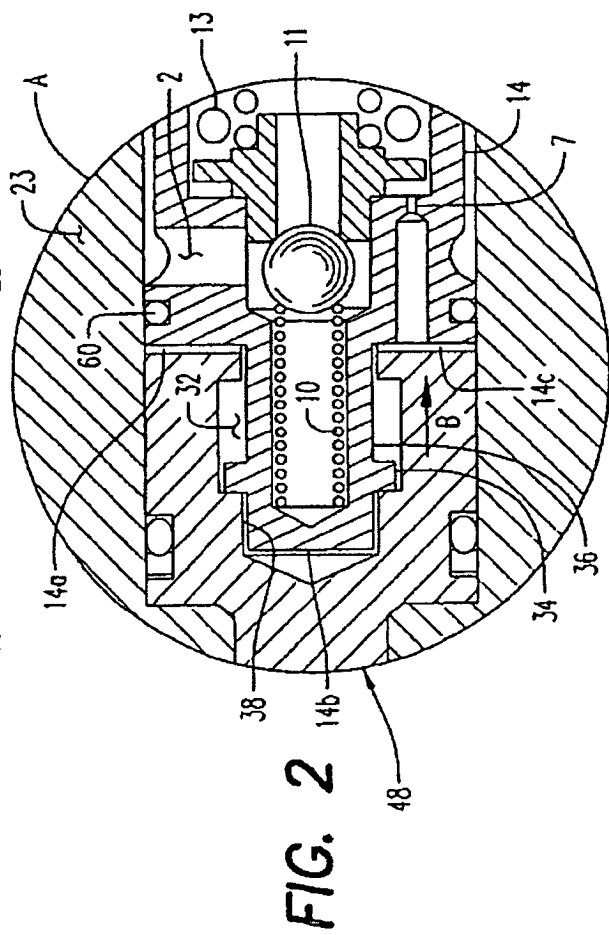
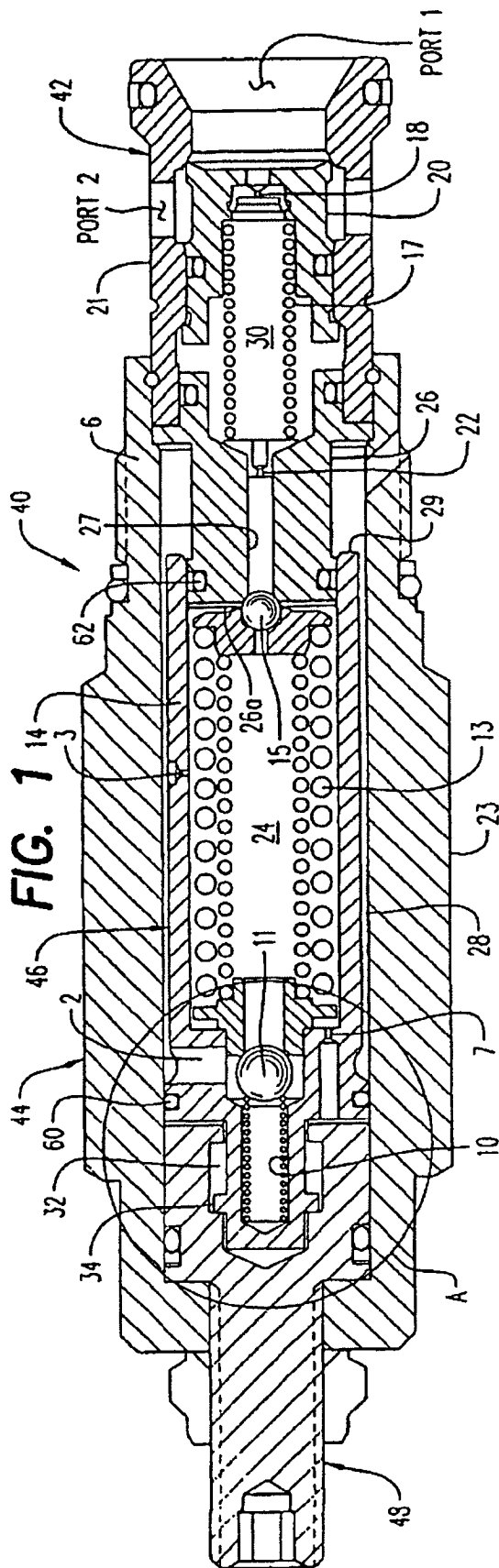
5. Pilot-betätigtes Druckventil gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Ladekammer eine Nettooberfläche aufweist, die größer als diejenige des der Pilotkammer ausgesetzten Endes des Einlassmittels ist.

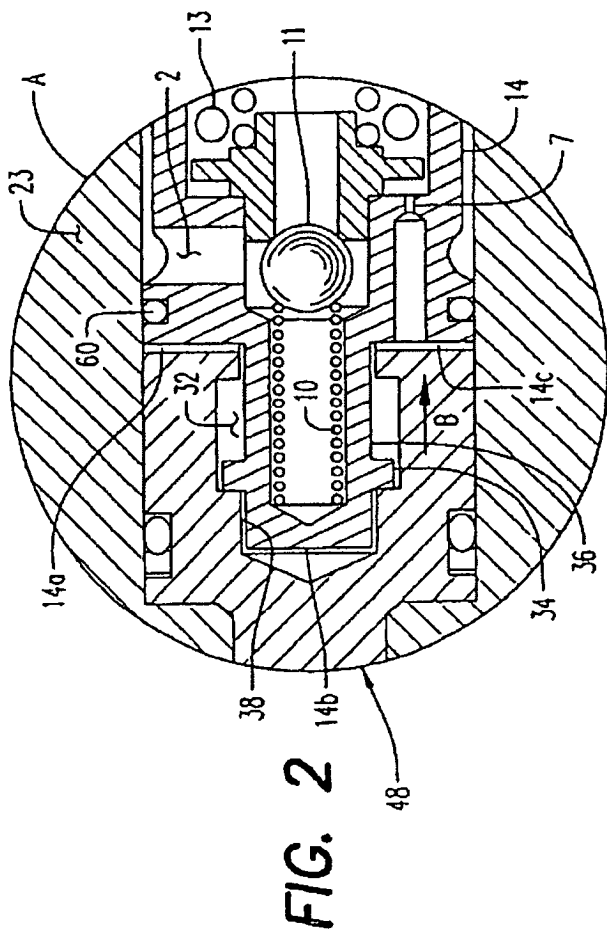
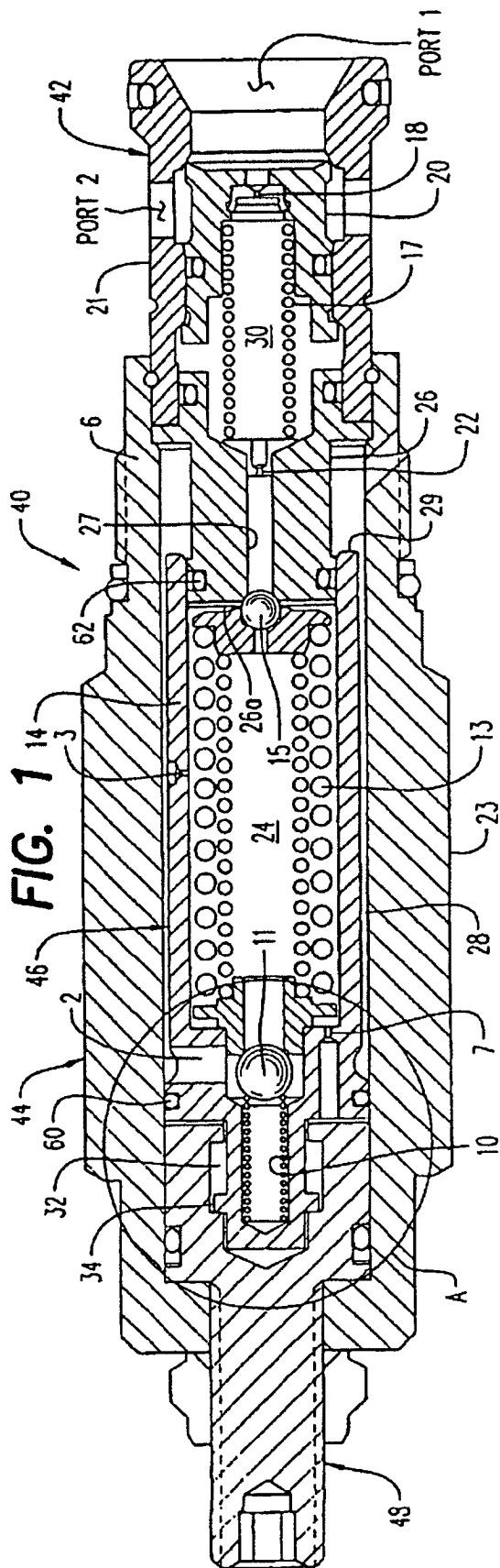
6. Pilot-betätigtes Druckventil gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche und ferner mit einem Ablassöffnungsmittel (**3**) in dem Pilotkammermittel zum Entladen einer relativ kleinen Menge von mit Druck beaufschlagtem Fluid und Luft in der Pilotkammer, um langsam von der Pilotkammer und dem Ventil eingespeist zu werden.

7. Verfahren zum Betreiben eines hydraulischen Systems, das ein Pilotbetätigtes Druckventil gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst, wobei das Pilot-betätigte Druckventil wirkt, um Druckspitzen und hydraulische Stöße in dem System zu verringern.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





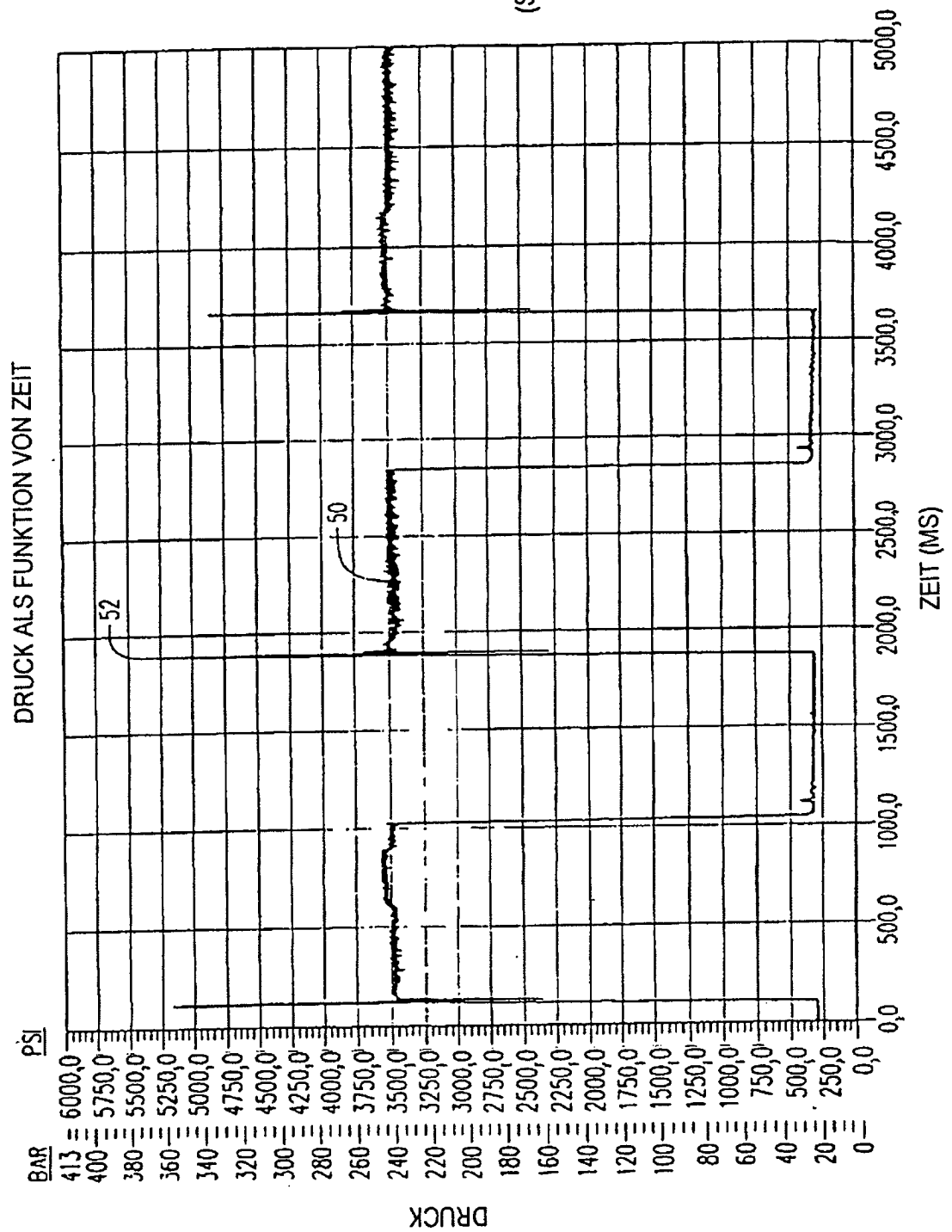


FIG. 3
(STAND DER TECHNIK)