



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.09.2004 Patentblatt 2004/40

(51) Int Cl.7: **F15B 9/10**, F15B 15/24,
F15B 19/00, B30B 15/16,
B30B 15/18

(21) Anmeldenummer: **04006298.6**

(22) Anmeldetag: **17.03.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder: **Brahmer, Bert**
76689 Karlsdorf (DE)

(74) Vertreter: **Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker**
Patentanwälte,
Postfach 10 37 62
70032 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **25.03.2003 DE 10314302**

(71) Anmelder: **HARTMANN + LÄMMLE GMBH & CO.**
KG
71277 Rutesheim (DE)

(54) **Hydraulische Antriebsvorrichtung, Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Antriebsvorrichtung und Regel-/Steuergerät hierfür**

(57) Die Erfindung betrifft eine hydraulische Antriebsvorrichtung (10) für einen mit einem Bearbeitungswerkzeug koppelbaren Arbeitszylinder (12), der einen zwischen einem unteren Todpunkt (UT) und einem oberen Todpunkt (OT) bewegbaren, eine Kolbenstange (16) umfassenden Arbeitskolben (14) aufweist, mit einem Messsystem (38) zur Bestimmung der Position des Arbeitskolbens (14), wobei der Arbeitskolben (14, 16) über eine Rückmeldung (18) ein den Arbeitszylinder (12) ansteuerbares Arbeitsventil (20) betätigt, und wobei die

Rückmeldung (18) ein in einem Pilotzylinder (24) geführten, das Arbeitsventil (20) betätigenden Pilotkolben (26, 28) umfasst. Die Erfindung kennzeichnet sich dadurch, dass eine Positionsabfrage (42) zur Bestimmung der Position des Pilotkolbens (26, 28) vorgesehen ist und dass ein in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens (14, 16) und der Position des Pilotkolbens (26, 28) betätigbares, den Pilotkolben (26, 28) ansteuerbares Pilotventil (44) vorgesehen ist.

Die Erfindung betrifft außerdem ein zugehöriges Verfahren und ein Regel-/Steuergerät.

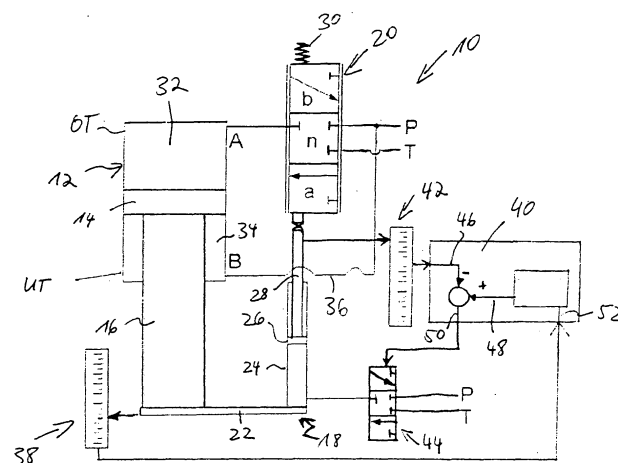


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine hydraulische Antriebsvorrichtung für eine mit einem Bearbeitungswerkzeug koppelbaren Arbeitszylinder, der einen zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einem oberen Totpunkt (OT) bewegbaren, eine Kolbenstange umfassenden Arbeitskolben aufweist, mit einem Messsystem zur Bestimmung der Position des Arbeitskolbens, wobei der Arbeitskolben über eine Rückmeldung ein den Arbeitszylinder ansteuerndes Arbeitsventil betätigt, und wobei die Rückmeldung ein in einem Pilotzylinder geführten, das Arbeitsventil betätigenden Pilotkolben umfasst.

[0002] Derartige hydraulisch Antriebsvorrichtungen, wie sie beispielsweise aus der EP 1 138 958 A2 bekannt geworden sind, finden insbesondere bei Stanz-, Präge-, Nippel- oder Biegemaschinen Verwendung. Über die in der Regel mechanisch ausgeführte Rückmeldung zwischen dem Arbeitskolben und dem Arbeitsventil kopiert das Arbeitsventil den Bewegungsablauf des Arbeitskolbens. Aus diesem Grund wird das Arbeitsventil in der Regel auch mit Kopierventil bezeichnet.

[0003] Der aus der EP 1 138 958 A2 bekannte Pilotzylinder dient zur Einstellung des OT. Ein Umsteuern des Arbeitsventils im unteren Totpunkt des Arbeitskolbens wird hierbei durch das Messsystem, das die Position des Arbeitskolbens bestimmt, eingeleitet. Durch Verstellung der Position des Pilotkolbens im Pilotzylinder kann die OT-Position des Arbeitskolbens eingestellt werden. Während des Arbeitshubs ist die Rückmeldung von der Ventilbetätigung des Arbeitsventils getrennt.

[0004] Der bekannte Stand der Technik gemäß der EP 1 138 958 A2 weist allerdings den Nachteil auf, dass eine genaue Einstellung des OT nur bei relativ langsamer Geschwindigkeit des Pilotkolbens und somit auch des Arbeitskolbens möglich ist. Bei größeren Geschwindigkeiten macht sich ein Nachlaufen des Pilotkolbens und des Arbeitskolbens bemerkbar, was zu einem Abweichen des OT von seiner Sollposition führt. Bei einem Prägehub wird sowohl der OT als auch der UT über das Pilotventil und den Pilotzylinder mittelbar gesteuert. Die Ungenauigkeiten durch das Nachlaufen machen sich dann also auch im UT bemerkbar. Gerade die Genauigkeit des UT ist aber für die Qualität des Arbeitsprozesses entscheidend.

[0005] Insbesondere beim Prägevorgang ist es erforderlich, dass der UT des Arbeitskolbens exakt vorgebar ist.

[0006] Ein Nachlaufen des Arbeitskolbens tritt insbesondere deshalb auf, weil die Reaktion der Betätigung des Arbeitskolbens zweifach verzögert wird. Zum einen durch die Schaltzeit eines den Pilotzylinder ansteuernden Ventils und zum anderen durch das Nachlaufverhalten des Arbeitsventils. Das Signal des Messsystems des Arbeitszylinders ist folglich um die Summe dieser beiden Laufzeiten verzögert.

[0007] Weitere Ausführungen zum Stand der Technik gemäß der EP 1 138 958 A2 finden sich in der Beschrei-

bung zu den Figuren 1 bis 4.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine hydraulische Antriebsvorrichtung der eingangs beschriebenen Art dahingehend weiterzubilden, dass auch bei hohen Geschwindigkeiten des Arbeitskolbens der OT und UT sehr genau vorgegeben werden kann und sich innerhalb eines sehr engen Toleranzfensters bewegt.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine hydraulisch Antriebsvorrichtung der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Positionsabfrage zur Bestimmung des Pilotkolbens vorgesehen ist und dass ein in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens und der Position des Pilotkolbens betätigbares, den Pilotkolben ansteuerbares Pilotventil vorgesehen ist. Durch die zusätzliche Bestimmung der Position des Pilotkolbens und durch die damit einhergehende Ansteuerung des Pilotkolbens, kann das Arbeitsventil aktiv betätigt werden. Ein Nachlaufen des Arbeitskolbens, wie es aus der EP 1 138 958 A2 bekannt ist, kann gezielt verhindert werden. Die Positionsabfrage erfolgt erfindungsgemäß vorzugsweise kontinuierlich. Allerdings kann sie auch diskontinuierlich sein.

[0010] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass das Arbeitsventil ausschließlich vom Pilotkolben betätigt wird. Dies hat den Vorteil, dass weitere Einflussgrößen, die ein Betätigen des Arbeitsventils bewirken, nicht auftreten. Das Arbeitsventil wird folglich lediglich durch den Pilotkolben der Rückmeldung betätigt. Das Arbeitsventil folglich keine direkte elektrische oder hydraulische Betätigung. Die Betätigung erfolgt ausschließlich indirekt über das Pilotsystem.

[0011] Die Position des Arbeitskolbens kann bei einer Ausführungsform der Erfindung unmittelbar über die Position der Kolbenstange bestimmt werden. Dabei kann an der Kolbenstange ein Signalgeber angeordnet sein, der mit einem ortsfest angeordneten Signalempfänger zusammenwirkt.

[0012] Andererseits ist denkbar, dass das Messsystems die Position des Arbeitskolbens mittelbar über die Position des Arbeitsventils und die Position des Pilotkolbens bestimmt. Dies hat den Vorteil, dass auf ein Messsystem im Bereich des Arbeitskolbens verzichtet werden kann.

[0013] Erfindungsgemäß ist außerdem denkbar, dass der Pilotzylinder mit dem Arbeitskolben in beide Bewegungsrichtungen des Arbeitskolbens starr gekoppelt ist. Die Bewegung des Arbeitskolbens wird folglich unmittelbar auf den Pilotzylinder übertragen.

[0014] Außerdem kann vorgesehen sein, dass der Pilotkolben mit dem Arbeitsventil in beide Bewegungsrichtungen des Pilotkolbens starr gekoppelt ist. Die Bewegung des Pilotkolbens wird folglich unmittelbar zur Schaltung des Arbeitsventils verwendet. Alternativ dazu ist allerdings auch denkbar, dass der Pilotkolben das Arbeitsventil lediglich in eine Richtung betätigt, und dass die Betätigung des Arbeitsventils in die andere Richtung über beispielsweise entsprechende Federmittel erfolgt.

[0015] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ergibt sich dann, wenn der Pilotkolben zur Betätigung des Arbeitsventils wenigstens einseitig druckbeaufschlagbar ist. Bei einer Kopplung des Pilotkolbens mit dem Arbeitsventil ist die druckbeaufschlagbare Seite des Pilotkolbens diejenige, die dem Arbeitsventil abgewandt ist. Beim Verfahren des Kolbens in Richtung des UT kann damit eine rechtzeitige Einleitung des Schaltvorgangs zur Umsteuerung des Arbeitskolbens erreicht werden.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Vorrichtung ergibt sich durch Vorsehen eines mit dem Messsystem und der Positionsabfrage verbundenen Regel-/Steuergeräts, welches das Pilotventil in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens und der Position des Pilotkolbens ansteuert. Das Regel-/Steuergerät vergleicht hierbei insbesondere die Istposition des Pilotzylinders mit einer Sollposition, die abhängig von der Position des Arbeitskolbens ist, und betätigt in Abhängigkeit der Differenzgröße das Pilotventil.

[0017] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das Regel-/Steuergerät das Pilotventil so ansteuert, dass ein vorausseilendes, frühes Betätigen des Arbeitsventils zur Kompensation von Reaktionszeiten erfolgt. Kompensiert werden sollen insbesondere die Reaktionszeiten des Arbeitsventils, Arbeitskolbens, Pilotventils und Pilotkolbens. Die Reaktionszeiten hängen insbesondere von den Massen und den Hubgeschwindigkeiten der Kolben ab. Dabei ist vorteilhaft nutzbar, dass die Eigenfrequenz des Systems bestehend aus Pilotzylinder, Pilotkolben und Pilotventil deutlich höher ist, als die Eigenfrequenz des Systems bestehend aus Arbeitszylinder, Arbeitskolben und Arbeitsventil. Diese Systeme stellen jeweils Feder/Masse-Systeme dar. Die Federkonstante wird gebildet durch die Steifigkeit der jeweils eingeschlossenen Hydrauliksäule im Pilotkreis oder Arbeitskreis, die Masse wird repräsentiert durch die Masse des Pilotkolbens für den Pilotkreis und die Masse der Arbeitskolbens plus Masse des Arbeitswerkzeuges. Da die Eigenfrequenz des Pilotsystems in der Praxis um den Faktor 3 oder mehr höher ist, als die des Arbeitssystems, kann das Pilotsystem sehr dynamisch zur vorausschauenden Sollwertgabe benutzt werden.

[0018] Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem durch ein Verfahren zum Betreiben einer hydraulisch Antriebsvorrichtung, insbesondere einer erfindungsgemäß hydraulisch Antriebsvorrichtung, gelöst, die sich dadurch kennzeichnet, dass die Position des Pilotkolbens bestimmt wird und dass ein den Pilotkolben ansteuerndes Pilotventil in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens und des Pilotkolbens betätigt wird. Der Pilotkolben wird also im geschlossenen Regelkreis betrieben.

[0019] Dabei ist besonders vorteilhaft, wenn ein vorausseilendes, frühes Betätigen des Arbeitsventils zur Kompensation der bereits beschriebenen Reaktionszeiten erfolgt. Ein derartiges Verfahren bewirkt folglich eine

Vorsteuerung des Umsteuervorgangs des Arbeitszylinders. Der Arbeitszylinder wird über das Arbeitsventil, das seinerseits über den Pilotkolben angesteuert wird, so rechtzeitig umgesteuert, dass der UT des Arbeitskolbens exakt erreicht wird. Dazu wird der Pilotkolben so bewegt, dass das Arbeitsventil den Arbeitskolben in Richtung UT bewegt. Wird der Arbeitskolben in einer Position kurz vor dem UT (UT - dS) detektiert, so kann mit einer gezielten Vorsteuerung des Pilotkolbens das Arbeitsventil betätigt werden, so dass sich der Arbeitskolben in Richtung OT bewegt. Der Wert dS hängt hierbei von den Massen und Hubgeschwindigkeiten der einzelnen Kolben, insbesondere des Arbeitskolbens, ab. Damit können die Reaktionszeiten kompensiert werden.

[0020] Ein vorteilhaftes Verfahren ergibt sich dann, wenn die Position des Pilotkolbens (Istwert) mit einem Sollwert verglichen wird und wenn das Differenzsignal als Führungsgröße für die Bewegung des Pilotventils herangezogen wird. Der Sollwert kann hierbei insbesondere abhängig von der Position des Arbeitskolbens sein.

[0021] Die Erfindung betrifft außerdem ein Regel-/Steuergerät zur Anwendung in einem erfindungsgemäßen Verfahren oder in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung sind der folgenden Beschreibung zu entnehmen, in der die Erfindung anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben und erläutert ist.

[0023] Es zeigen:

Figur 1 bis 4: verschiedene Weg-Zeit-Diagramme der Ventilstellungen und der Hubpositionen den Stand der Technik gemäß der EP 1 138 958 A2 betreffend,

Figur 5: eine erfindungsgemäße hydraulische Antriebsvorrichtung, und

Figuren 6 und 7: verschiedene Weg-Zeit-Diagramme der Ventilstellungen und der Hubpositionen gemäß der Erfindung.

[0024] Der Gegenstand der EP 1 138 958 A2 muss zwischen "schnellem" Stanzbetrieb und "präzisem" Umformbetrieb unterscheiden.

[0025] Der Stanzbetrieb ohne Werkstück ist in Figur 1 dargestellt. UP und DN bezeichnen die Schaltzustände des Pilotventils (Bezugszeichen 6 in der Figur 1 der EP 1 138 958 A2), welches wiederum das Hauptventil (Bezugszeichen 5 in Figur 1 der EP 1 138 958 A2) betätigt. Beim kritische Umsteuern im unteren Totpunkt UT werden nach dem Start die Schaltmittel in den Zustand DN gebracht. Die Vorrichtung zum Verstellen des obe-

ren Totpunkt (OT bzw. TDC in der EP 1 138 958 A2) ist während des Arbeitshubes nicht mehr an der Steuerung beteiligt. Der Ablauf des Arbeitshubes ist in Figur 1 gezeigt. Der Arbeitshub beginnt in POS1, als unterer Totpunkt soll POS2 gelten. Im Schaltzustand DN wird das Signal des Sensors (Bezugszeichen 20 in Figur 1 der EP 1 138 958 A2) überwacht. Bei Überschreiten der Umsteuerposition POS2b gemäß Figur 1 wird zum Zeitpunkt T2 von Schaltzustand DN auf UP gewechselt. Sowohl Pilot- als auch Hauptventil haben endliche Schaltzeiten und der bewegte Arbeitskolben hat eine Massenträgheit. Deshalb wird zum Umsteuern insgesamt die Zeit T2 bis T2c benötigt. In dieser Zeit erfährt der Hauptkolben den Nachlaufweg POS2b bis POS2.

[0026] Der Stanzbetrieb mit Werkstück ist in Figur 2 dargestellt. Stößt das Stanzwerkzeug und somit der Arbeitskolben z.B. bei POS2e1 gemäß Figur 2 auf den mechanischen Widerstand des Werkstückes, dann wird die Kolbengeschwindigkeit reduziert. Das Umsteuern geschieht nach wie vor bei Erreichen von POS2b des Arbeitskolbens zum Zeitpunkt T2. Pilot- und Hauptventil schalten mit gleicher Geschwindigkeit, aber der Arbeitskolben kann viel schneller umgesteuert werden, weil er bereits durch den Widerstand des Werkstückes abgebremst wurde. Es ergibt sich nunmehr nur noch ein Überlauf bis zur Position POS2e2. Der verbleibende Weg bis zum erwünschten Umsteuerpunkt POS2 wird nicht mehr ausgeführt. Es entsteht der Positionsfehler Perr gemäß Figur 2.

[0027] Die beschriebenen Probleme werden in der Praxis dadurch gelöst, dass der Umsteuerpunkt POS2b werkstückabhängig so programmiert wird, dass auch mit der realen Umsteuerposition POS2e2 der Stanzprozess korrekt ausgeführt ist. Dies führt dazu, dass bei geringerem Widerstand durch das Werkstück der Überlaufweg mit einer erheblichen Unschärfe definiert ist und der Arbeitszyklus in der tatsächlichen Umsteuerposition POS2 bis POS2e2 streuen kann. In der Folge benötigt der Arbeitszyklus mehr Zeit und Energie, was einen Nachteil darstellt.

[0028] Der Umformbetrieb gemäß dem Stand der Technik nach der EP 1 138 958 A2 ist in Figur 3 Auftreffen auf ein Werkstück gezeigt. Dieser Betrieb duldet die unscharfe Bestimmung des UT nicht, weil aus dieser UT Position direkt eine maßlich eng tolerierte Verformung des Werkstückes abgeleitet werden soll. In dieser Betriebsart wird im Schaltzustand DN vom Schaltmittel (Bezugszeichen 6 in Figur 1 der EP 1 138 958 A2) der Pilotkolben (Bezugszeichen 4 in Figur 1 der EP 1 138 958 A2) betätigt. Die Bewegung wird typischerweise deutlich langsamer sein als im zuvor beschriebenen Stanzzyklus. Die Sollwertbewegung des Pilotkolbens ist in der Figur 3 und 4 mit Sp bezeichnet. Die mechanische Kopiersteuerung durch das Ventil (Bezugszeichen 5 der Figur 1 der EP 1 138 958 A2) erzeugt das Nachlaufverhalten des Arbeitskolben (Bezugszeichen 1 in der Figur 1 der EP 1 138 958 A2), dargestellt durch die Kurve Sr in der Figur 3 und 4.

[0029] Bei Erreichen von POS2b des Hauptkolbens (Sr in Figur 3) wird vom Zustand DN in einen Haltezustand (weder DN noch UP) gewechselt. Der Pilotkolben hält nach einem geringen Überlaufweg (von POS2c nach POS2) in POS2 an. Der Hauptkolben benötigt für seinen größeren Nachlaufweg (POS2b bis POS2) etwas mehr Zeit (bis T2c), was durch die Steuereinrichtung zu berücksichtigen ist. Außerdem kann das Erreichen von POS2 durch den Hauptkolben über den Sensor (Bezugszeichen 20 in der Figur 1 der EP 1 138 958 A2) abgefragt werden. Nach einer Wartezeit (T2 bis T2d) und/oder nach dem Sensorsignal wird nun der Schaltzustand UP aktiviert und Pilot- und Hauptkolben bewegen sich zurück.

[0030] In der Praxis trifft der Arbeitskolben nun wiederum gemäß Figur 4 auf einen Widerstand, z.B. in POS2d. Der Arbeitskolben verlangsamt sich, siehe Sr, während der Pilotkolben sich linear weiterbewegt, siehe Sp. Bis der Hauptkolben die Schaltposition POS2b erreicht hat, ist der Pilotkolben nun aber bereits über die POS2 hinausgefahren auf POS2c. Dies kann durch die Steuereinrichtung nicht erkannt werden, weil für den Pilotkolben gemäß der EP 1 138 958 A2 keinen Positionsensor zur Abfrage dessen Position vorgesehen ist.

[0031] So wird in der Folge der Sensor das Erreichen von POS2 durch den Arbeitskolben melden und unverzüglich durch das Steuergerät den Schaltzustand UP auslösen. Der Umsteuervorgang des Pilotkolbens dauert von T2 bis T2C gemäß der Figur 4. Unvermeidlich bewegt sich der Arbeitskolben über das Maß POS2 hinaus bis zum tatsächlichen Umsteuerpunkt POS2e. Das Fehlermaß Perr gemäß Figur 4 ist nachteilhaft und muss in der Anordnung nach EP 1 138 958 A2 in Kauf genommen werden.

[0032] In der Figur 5 ist eine erfindungsgemäße hydraulische Antriebsvorrichtung 10 für einen Arbeitszylinder 12 gezeigt, der einen zwischen einem unteren Totpunkt UT und einem oberen Totpunkt OT bewegbaren Arbeitskolben 14 aufweist. Der Arbeitskolben 14 umfasst eine Kolbenstange 16. Der Kolben 14 beziehungsweise die Kolbenstange 16 betätigt über eine Rückmeldung 18 ein den Arbeitszylinder 12 ansteuerndes Arbeitsventil 20. Die Rückmeldung 18 umfasst hierbei ein mit der Kolbenstange 16 gekoppeltes Joch 22 und einen an dem Joch 22 angeordneten Pilotzylinder 24, in dem ein Pilotkolben 26 verschiebbar gelagert angeordnet ist. Das Arbeitsventil 20 wird über eine Kolbenstange 28 des Pilotkolbens 26 betätigt.

[0033] Bei dem Arbeitsventil 20 handelt es sich um ein federvorgespanntes 3/3-Stetigventil. Der Pilotkolben 26 wirkt dabei über die Kolbenstange 28 gegen ein Federmittel 30. Das Arbeitsventil 20 sieht insgesamt drei Anschlüsse vor, einen Druckanschluss P, einen Tankanschluss T und einen Verbraucheranschluss A zum oberen Druckraum 32 des Arbeitszylinders 14. Der dem Druckraum 32 gegenüberliegende, durch den Kolben 14 abgetrennte Druckraum 34 ist über einen Anschluss B und über eine Leitung 36 mit dem Druckan-

schluss P verbunden.

[0034] Der Druckraum 32 ist in der in der Figur dargestellten Mittelstellung n des Arbeitsventils 20 geschlossen; der Druckraum 34 ist mit der Druckleitung P verbunden. In der Betätigungsstellung a des Ventils 20 wird der Druckraum 32 mit dem Druckanschluss P verbunden. Da die dem Druckraum 32 zugewandte Kolbenfläche größer ist als die dem Druckraum 34 zugewandte, wird dann eine nach unten gerichtete Kraft zur Verfügung gestellt und der Arbeitskolben wird nach unten bewegt. In der Betätigungsstellung b ist der Druckraum 32 mit der Tankleitung T verbunden. Aufgrund des in dem Druckraum 34 anstehenden Drucks wird der Kolben 14 nach oben bewegt.

[0035] Die Vorrichtung 10 weist außerdem ein Messsystem 38 auf, mit dem die Position des Arbeitskolbens 14 beziehungsweise der Kolbenstange 16 bestimmt werden kann. Das Messsystem kann beispielsweise einen an der Kolbenstange 16 angeordneten Signalgeber und vorzugsweise mehrere ortsfest angeordnete Signalempfänger aufweisen. Besonders vorteilhaft sind in der Praxis potentiometrische Sensoren, Sensoren auf der Basis von Magnetostriktion (Laufzeitmessung), sowie incrementelle magnetische oder optische Sensoren. Das Messsystem 38 ist mit einem Steuer-/Regelgerät 40 verbunden, in dem die von dem Messsystem 38 erfassten Werte ausgewertet werden.

[0036] Die Vorrichtung 10 umfasst außerdem eine die Position des Pilotkolbens 26 beziehungsweise dessen Kolbenstange 28 kontinuierlich erfassende Positionsabfrage 42. Entsprechend dem Messsystem 38 kann die Positionsabfrage ebenfalls Signalgeber am Pilotkolben und ortsfest angeordnete Signalempfänger aufweisen. Zur Datenauswertung ist die Positionsabfrage 42 mit dem Steuer-/Regelgerät 40 verbunden. Die Positionsabfrage 42 kann als elektrisches oder hydromechanisches System ausgeführt sein bzw. kann auch durch einen Sensor gleicher Bauart wie für den Arbeitskolben ausgeführt sein, oder vorteilhaft durch eine mechanische Rückführung.

[0037] Der Pilotkolben 24 wird über ein Pilotventil 44 angesteuert, das von dem Steuer-/Regelgerät 40 betätigt wird. Zur Bestimmung der Position des Arbeitskolbens 14 kann anstelle des Messsystems 38 die Position des Arbeitskolbens 14 über die Stellung des Arbeitsventils 20 in Verbindung mit der Position des Pilotkolbens 28 bestimmt werden.

[0038] Durch die Bestimmung der Position des Arbeitskolbens 14 zum einen und der Position des Pilotkolbens 26 zum anderen kann vorteilhafterweise der Arbeitskolben 14 mit einer erhöhten Dynamik bei gleichzeitig verbesserter Prozesssicherheit angesteuert werden. Dazu wird die Position des Pilotkolbens 28 bestimmt und das den Pilotkolben ansteuernde Pilotventil 44 in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens 16 und des Pilotkolbens 28 betätigt. Die Positionsabfrage 42 liefert hierzu ein Istwertsignal 46, das mit einem Sollwertsignal 48 verglichen wird, wobei das Differenz-

signal 50 als Führungsgröße für die Bewegung des Pilotventils 44 herangezogen wird. Das Sollwertsignal 48 ist hierbei insbesondere abhängig von der Istposition des Arbeitskolbens 16. Das Sollsignal 48 resultiert folglich aus dem Istsignal 52 des Messsystems 38. Die Führungsgröße für die Betätigung des Arbeitsventils 20 und damit für die Bewegung des Arbeitskolbens 14 wird folglich durch einen inneren Regelkreis gebildet, der das Pilotventil 44, die Position des Pilotkolbens 28, die Positionsabfrage 42 und den Vergleich des Istwerts 46 mit dem Sollwert 48 im Steuer-/Regelgerät 40 umfasst.

[0039] In dem Fall, in dem die Positionsabfrage 42 des Arbeitskolbens als mechanischen Rückführung ausgebildet ist, kann zur Auswertung des Differenzsignals ein Vergleicher vorgesehen sein, der als Drehschieberventil ausgebildet ist. Ein solches Drehschieberventil ist beispielsweise in DE 198 36 042 A1 beschrieben.

[0040] Die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 hat insbesondere den Vorteil, dass mit ihr eine gezielte Vorsteuerung des Umsteuervorgangs des Arbeitskolbens 14 durchgeführt werden kann. Dazu wird der Arbeitskolben 14 in Richtung UT bewegt. Mit dem Messsystem 38 kann bestimmt werden, wann der Arbeitskolben 14 eine Position nahe dem Umkehrpunkt UT erreicht. Von einer Position UT-dS, also kurz vor Erreichen des Umkehrpunkts UT, betätigt das Steuer-/Regelgerät 40 das Pilotventil 44, wodurch der Pilotkolben 26 den Umsteuervorgang durch Betätigung des Arbeitsventils 20 einleitet. Durch eine derart gezielte Vorsteuerung des Umsteuervorgangs kann erreicht werden, dass der UT exakt erreicht wird beziehungsweise in seinem sehr kleinen Toleranzfenster liegt. Der Wert dS hängt hierbei insbesondere von den Massen, Hubgeschwindigkeiten und Reaktionszeiten der einzelnen Kolben und Ventile ab.

[0041] Durch Zwischenschaltung eines aktiv betätigbaren Pilotzylinders 24 mit eigenem Meßsystem und eigenem, äußeren Regelkreis in die in die Rückmeldung 18 kann folglich die Dynamik und die Prozesssicherheit erhöht werden.

[0042] Der Ablauf für schnelles Stanzen und präzises Umformen unterscheidet gemäß der Erfindung im wesentlichen nicht. Dies wird anhand der Figuren 6 und 7 erläutert und dargestellt.

[0043] In der Figur 6 ist der Ablauf ohne ein Auftreffen auf ein Werkstück gezeigt. Im Arbeitszustand DN wird der Pilotkolben auf die Position POS2 bewegt. Dies kann schnell und präzise erfolgen, weil das Meßsystem in Form der Positionsabfrage 42 mit dem Vergleicher und dem Stellglied in Form des Pilotventils 44 einen äußeren Regelkreis bilden. Durch die mechanische Nachlaufsteuerung folgt der Arbeitskolben dem Pilotkolben bis zu POS2. Ein "Überfahren" dieser POS2 ist nicht möglich, weil das Arbeitsventil 20 durch die mechanische Rückführung der Wirkungskette: 16, 22, 24, 26, 28 den Kolben des Hauptventils wieder schließt.

[0044] In der Figur 7 wird der Störfall betrachtet, bei

dem die Bewegung des Hauptkolbens in POS2d auf mechanischen Widerstand durch das Werkstück trifft. Der Hauptkolben verlangsamt sich gemäß der Wegkurve Sr. Durch den unabhängigen, äußeren Lageregelkreis mit der Positionsabfrage 42 kann der Pilotkolben trotzdem sicher auf POS2 gestellt werden. Auch wenn bei Erreichen von POS2e der Arbeitskolben stark beschleunigt, weil das Werkstück sich nun verformt hat oder durchgestanzt wurde und keinen Widerstand mehr leistet, kann der Arbeitskolben nicht über POS2 hinausfahren, weil diese als Endposition der Bewegung durch den Pilotkolben bereits mechanisch vorgegeben ist. Schließlich wird durch das Messsystem 38 das Erreichen von POS2 erkannt und die Umsteuerung erfolgt durch den Wechsel in den Zustand UP.

Patentansprüche

1. Hydraulische Antriebsvorrichtung (10) für einen mit einem Bearbeitungswerkzeug koppelbaren Arbeitszylinder (12), der einen zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einem oberen Totpunkt (OT) bewegbaren, eine Kolbenstange (16) umfassenden Arbeitskolben (14) aufweist, mit einem Messsystem (38) zur Bestimmung der Position des Arbeitskolbens (14), wobei der Arbeitskolben (14, 16) über eine Rückmeldung (18) ein den Arbeitszylinder (12) ansteuerbares Arbeitsventil (20) betätigt, und wobei die Rückmeldung (18) ein in einem Pilotzylinder (24) geführtes, das Arbeitsventil (20) betätigenden Pilotkolben (26, 28) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Positionsabfrage (42) zur Bestimmung der Position des Pilotkolbens (26, 28) vorgesehen ist und dass ein in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens (14, 16) und der Position des Pilotkolbens (26, 28) betätigbares, den Pilotkolben (26, 28) ansteuerbares Pilotventil (44) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsventil (20) ausschließlich vom Pilotkolben (26, 28) betätigt wird.
3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messsystem (38) die Position des Arbeitskolbens (14, 16) unmittelbar über die Position der Kolbenstange (16) bestimmt.
4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messsystem (38) die Position des Arbeitskolbens (14) mittelbar über die Position des Arbeitsventils (20) und die Position des Pilotkolbens (26) bestimmt.
5. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pilotzylinder (24) mit dem Arbeitskolben (14, 16) in

beide Bewegungsrichtungen des Arbeitskolben starr gekoppelt ist.

6. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet, dass** der Pilotkolben (26, 28) mit dem Arbeitsventil (20) in beide Bewegungsrichtungen des Pilotkolben (26) starr gekoppelt ist.
7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pilotkolben (26, 28) zur Bestätigung des Arbeitsventils (20) wenigstens einseitig druckbeaufschlagbar ist.
8. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein mit dem Messsystem (38) und der Positionsabfrage (42) verbundenes Regel/Steuergerät (40) vorgesehen ist, welches das Pilotventil (44) in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens (14, 16) und der Position des Pilotkolbens (26, 28) ansteuert.
9. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Regel-/Steuergerät (40) das Pilotventil (24) so ansteuert, dass ein vorausseilendes, frühes Betätigen des Arbeitsventils (20) zur Kompensation von Reaktionszeiten erfolgt.
10. Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Antriebsvorrichtung (10), nach insbesondere einem der vorhergehenden Ansprüche, für einen mit einem Bearbeitungswerkzeug koppelbaren Arbeitszylinder (12), der einen zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einem oberen Totpunkt (OT) bewegbaren, eine Kolbenstange (16) umfassenden Arbeitskolben (14) aufweist, wobei die Position des Arbeitskolbens (14, 16) bestimmt wird und der Arbeitskolben (14, 16) über eine Rückkopplung (18) ein den Arbeitszylinder (12) ansteuerndes Arbeitsventil (20) betätigt, und wobei die Rückkopplung (18) einen in einem Pilotzylinder (24) geführten Pilotkolben (26, 28) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Pilotkolbens (26, 28) bestimmt wird und dass ein den Pilotkolben (26, 28) ansteuerndes Pilotventil (44) in Abhängigkeit von der Position des Arbeitskolbens (14, 16) und des Pilotkolbens (26, 28) betätigt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein vorausseilendes, frühes Betätigen des Arbeitsventils (20) zur Kompensation von Reaktionszeiten erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Pilotkolbens (26, 28) (Istwert 46) mit einem Sollwert (48) vergli-

chen wird und dass das Differenzsignal als Führungsgröße (50) für die Betätigung des Pilotventils (44) herangezogen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (48) abhängig von der Position (52) des Arbeitskolbens (14, 16) ist. 5
14. Regel-/Steuergerät (40) zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13 und/oder zur Verwendung in einer Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

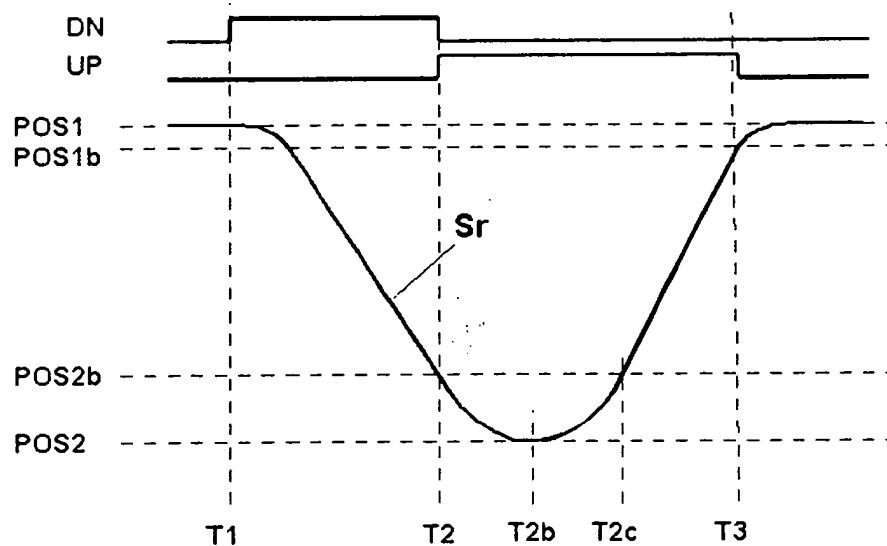


Fig. 2

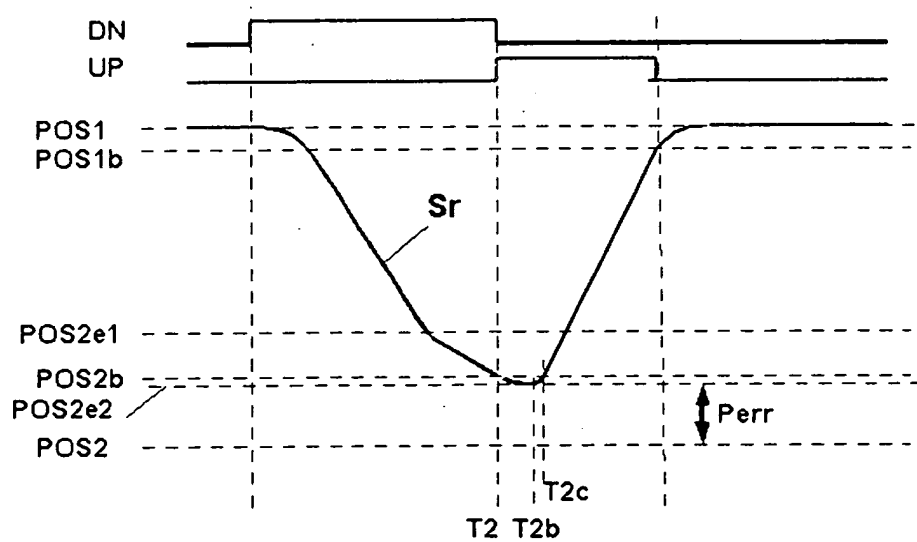


Fig. 3

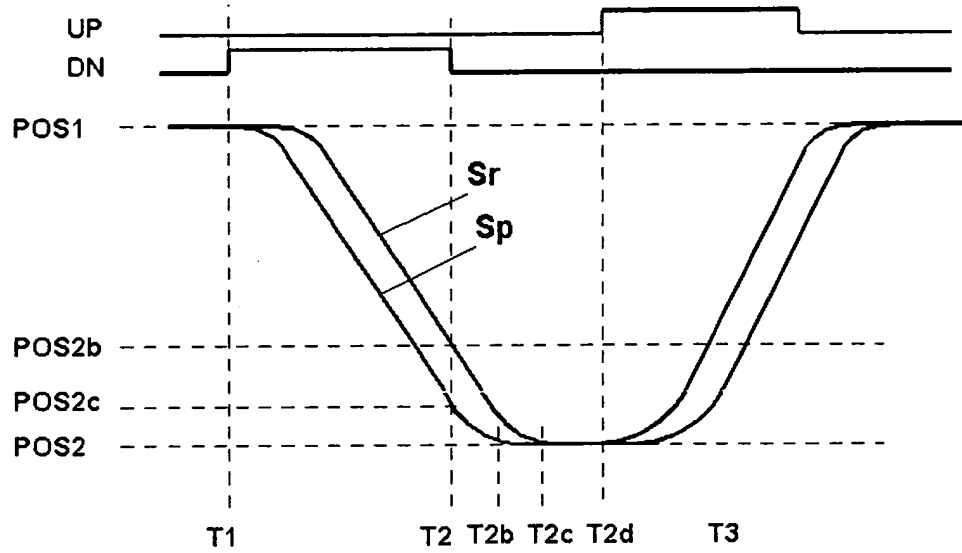
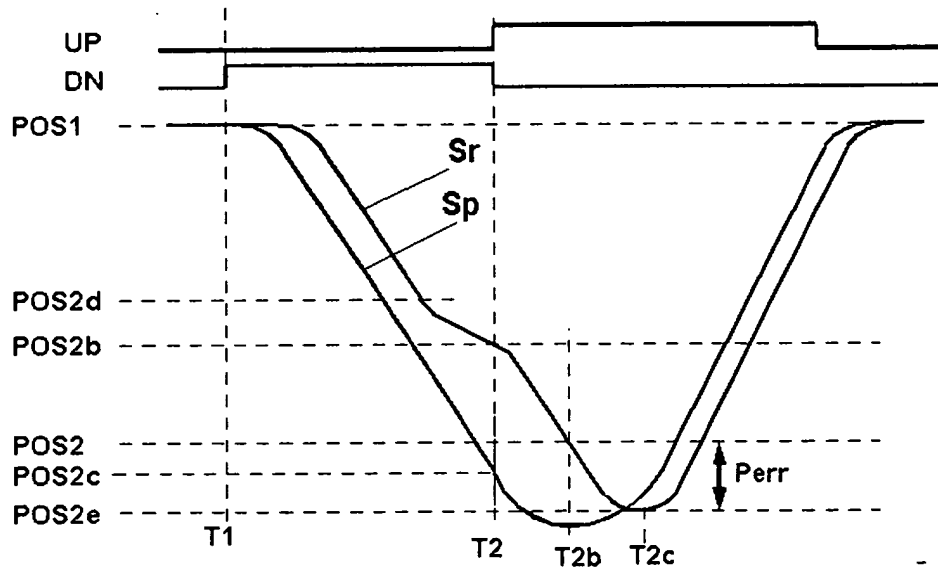


Fig. 4



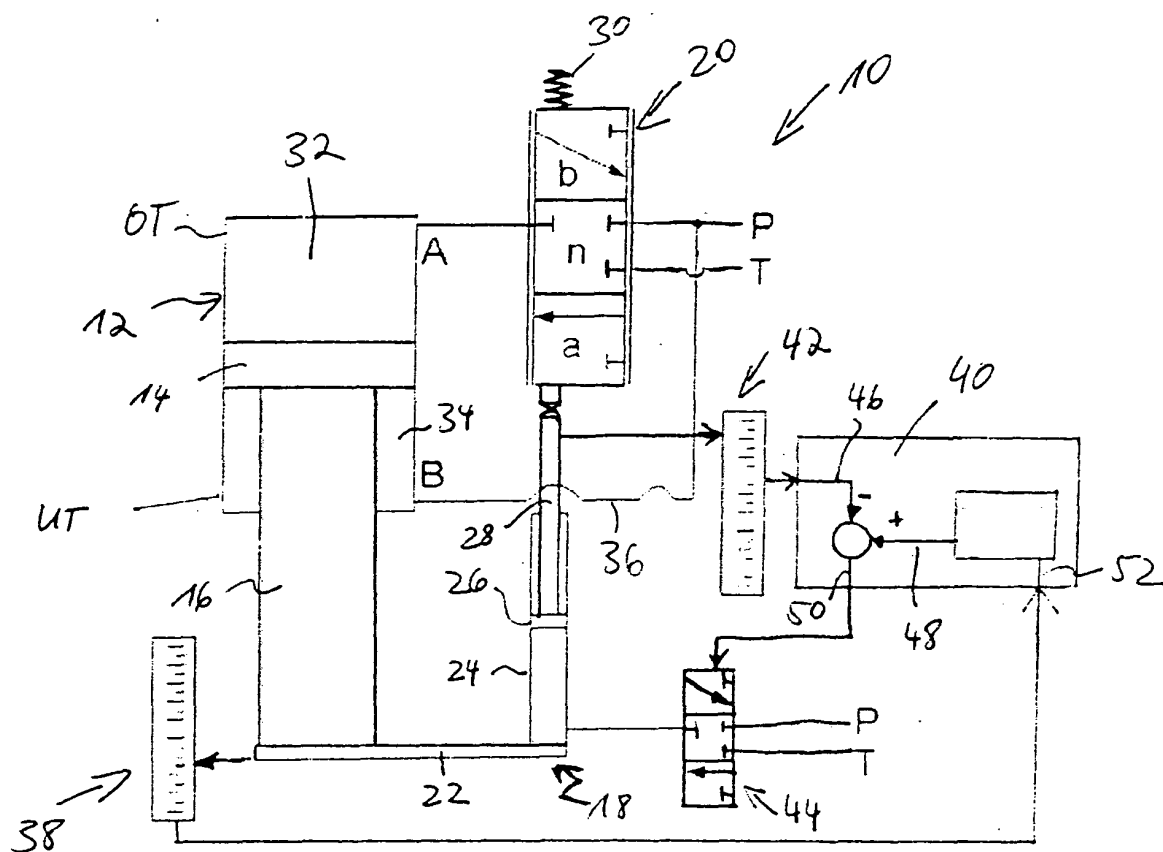


Fig. 5

Fig. 6

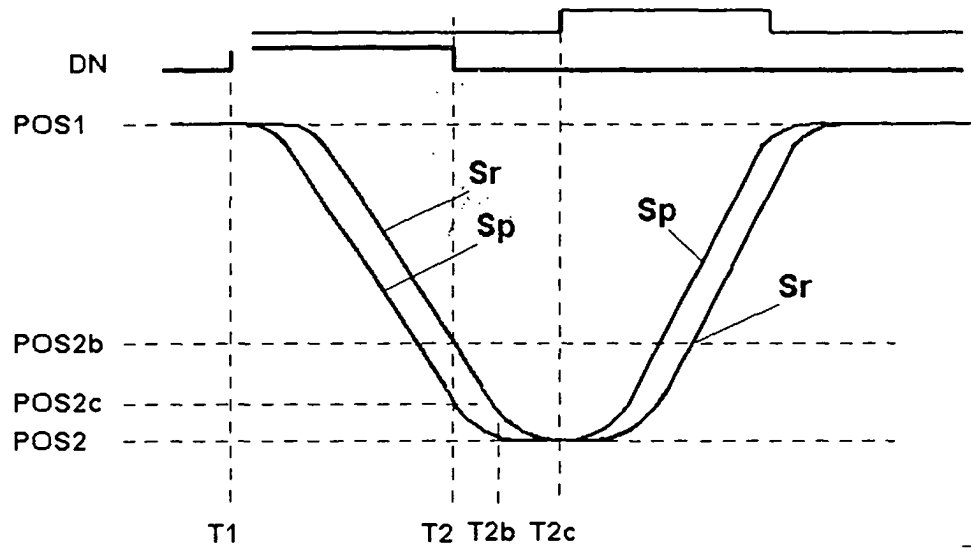
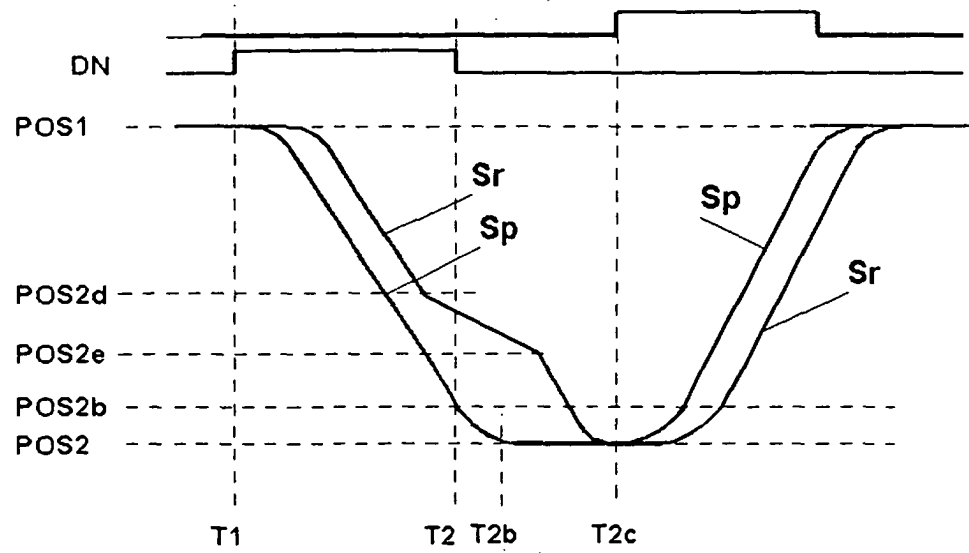


Fig. 7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 00 6298

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	EP 1 138 958 A (EUROMAC SRL) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) * Seite 36 - Seite 48 *	1,10	F15B9/10 F15B15/24 F15B19/00 B30B15/16 B30B15/18
A	EP 0 755 323 A (GRAEBENER PRESSENSYSTEME GMBH) 29. Januar 1997 (1997-01-29) * Spalte 15, Zeile 22 - Spalte 18, Zeile 26 *	1,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F15B B30B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Juli 2004	Prüfer Toffolo, O
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 04 00 6298

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-07-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1138958	A	04-10-2001	GB	2360728 A	03-10-2001
			CN	1319728 A	31-10-2001
			EP	1138958 A2	04-10-2001
			US	2001025487 A1	04-10-2001

EP 0755323	A	29-01-1997	DE	4412224 A1	12-10-1995
			AT	166830 T	15-06-1998
			DE	59502420 D1	09-07-1998
			WO	9527615 A1	19-10-1995
			EP	0755323 A1	29-01-1997
			ES	2120192 T3	16-10-1998
			JP	3234227 B2	04-12-2001
			JP	9511452 T	18-11-1997
US	5823104 A	20-10-1998			

EPO FORM P0461

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