

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 778 110 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.06.1997 Patentblatt 1997/24

(51) Int. Cl.⁶: B25D 9/14

(21) Anmeldenummer: 96119281.2

(22) Anmeldetag: 02.12.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR IT

(30) Priorität: 07.12.1995 DE 19545708

(71) Anmelder: Krupp Bautechnik GmbH

45356 Essen (DE)

(72) Erfinder:

- Prokop, Heinz-Jürgen, Dr.-Ing.
46282 Dorsten (DE)
- Fritz, Karlheinz
45449 Sprockhövel (DE)
- Geimer, Marcus, Dr.-Ing.
45133 Essen (DE)
- Schareina, Martin
45892 Gelsenkirchen (DE)

(54) **Verfahren zur Beeinflussung des Betriebsverhaltens eines fluidbetriebenen Schlagwerks und zur Durchführung des Verfahrens geeignetes Schlagwerk**

(57) Die Erfindung befaßt sich mit der Beeinflussung des Betriebsverhaltens eines fluidbetriebenen Schlagwerks (1) mit einem Schlagkolben (3), der unter Einwirkung einer Steuerung (5) wechselweise einen Arbeitshub und einen Rückhub ausführt. Während des Arbeitshubs wird wegababhängig vom Schlagkolben (3) zu einem Anfangszeitpunkt (T1) ein Auslösesignal erzeugt, welches die Umschaltung der Steuerung in die Rückhubstellung einleitet; diese wird mit einer für alle Schlagzyklen nahezu konstanten Zeitverzögerung $\Delta t1$ zu einem nach Vollendung des Arbeitshubs liegenden Zeitpunkt erreicht.

Mit der Erfindung wird der Vorschlag unterbreitet, eine zweite Zeitverzögerung $\Delta t2$ in Lauf zu setzen mit der Folge, daß der Schlagkolben (3) während der Zeitverzögerung $\Delta t1$ zunächst einen vom Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials abhängigen Rückhub und - nach Umschalten der Steuerung in die Rückhubstellung - einen Rest-Rückhub ausführt, wobei zum Endzeitpunkt der zweiten Zeitverzögerung $\Delta t2$ unabhängig von der Schlagkolbenstellung die Umschaltung der Steuerung (5) in die Arbeitshubstellung eingeleitet wird.

Fig.2a

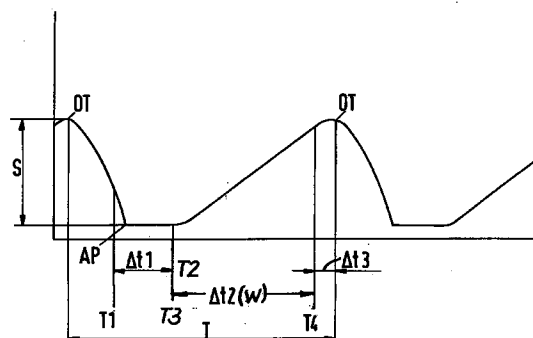
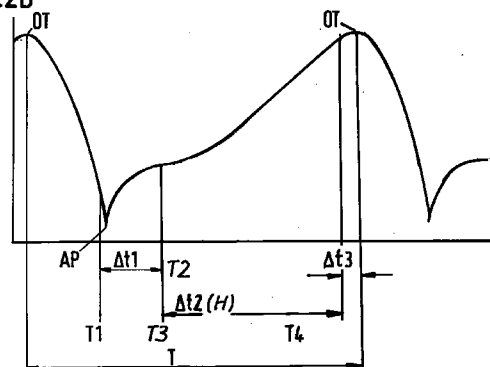


Fig.2b



EP 0 778 110 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung des Betriebsverhaltens eines Schlagwerks mit einem Schlagkolben, der durch Beaufschlagung mit einem fluiden Antriebsmittel unter Einwirkung einer Steuerung wechselweise einen Arbeitshub in Schlagrichtung und einen Rückhub ausführt, wobei während des Arbeitshubs wegababhängig vom Schlagkolben zu einem Anfangszeitpunkt T1 ein Auslösesignal erzeugt wird, welches die Umschaltung der Steuerung in die Rückhubstellung einleitet, und wobei die Steuerung die Rückhubstellung mit einer für alle Schlagzyklen nahezu konstanten Zeitverzögerung Δt_1 zu einem Endzeitpunkt T2 erreicht, der nach Vollendung des Arbeitshubs liegt.

Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein zur Durchführung des Verfahrens geeignetes, fluidbetriebenes Schlagwerk, mit einem in einem Arbeitszylinder beweglichen und auf ein Werkzeug aufschlagenden Schlagkolben sowie einer Steuerung mit einem in einem Steuerventil beweglichen Steuerschieber, wobei der Schlagkolben zwei unterschiedlich große Kolbenflächen aufweist, von denen die kleinere, in Richtung des Rückhubs wirksame Kolbenfläche ständig mit einer unter Arbeitsdruck stehenden Druckleitung und die größere, in Richtung des Arbeitshubs wirksame Kolbenfläche über das Steuerventil wechselweise mit der Druckleitung und einer drucklosen Rücklaufleitung verbunden ist, und wobei der Steuerschieber zwei unterschiedlich große, in zueinander entgegengesetzter Bewegungsrichtung wirksame Schieberflächen aufweist, deren kleinere, in Richtung der Rückhubstellung des Steuerschiebers auf diesen einwirkende Schieberfläche ständig mit der Druckleitung und deren größere Schieberfläche als Steuerfläche mittels einer Steuerleitung über eine zwischen den Kolbenflächen angeordnete Umfangsnut jeweils lediglich zeitweilig sowie abwechselnd mit der Druck- bzw. der Rücklaufleitung in Verbindung steht.

Ein Verfahren und ein fluidbetriebenes Schlagwerk der eingangs erwähnten Gattung sind aus der Druckschrift DE-C2-34 43 542 bekannt. Durch Verwendung eines besonderen Halte- oder Wechselventils, welches in die mit der Steuerung zusammenwirkende Steuerleitung eingebaut ist und wechselweise auch mit der Rücklaufleitung in Verbindung steht, soll dabei sichergestellt werden, daß auch bei einer Reflexion von Schlagenergie über das Werkzeug auf den Schlagkolben diese reflektierte Energie hydraulisch zurückgewonnen wird, wodurch eine Erhöhung der Schlagkolben-Schlagzahl erreicht wird.

Fluidbetriebene Schlagwerke, wie insbesondere Hydraulikhämmer, werden zur Materialzerkleinerung (Gesteins- oder Betonzerkleinerung) eingesetzt. Diese Zerkleinerung wird dadurch erreicht, daß die kinetische Energie eines Schlagkolbens durch Aufschlag auf ein Werkzeug über dieses und die Werkzeugspitze in das zu bearbeitende Material eingeleitet und dort in Zerstörungsarbeit umgewandelt wird. Je nach der Härte des

zu bearbeitenden Materials wird nur ein Teil der kinetischen Energie in Zerstörungsarbeit umgewandelt; der nicht umgewandelte Energieanteil wird über das Werkzeug in den Schlagkolben reflektiert und kann mit entsprechender Einrichtung zur Erhöhung der Schlagzahl genutzt werden. Im Gegensatz dazu wird bei weichem Material die Schlagenergie vollständig in Zerstörungsarbeit umgewandelt.

Arbeitsvorgänge, bei denen die aufgebrachte Schlagenergie höher ist als die zur Materialzerkleinerung erforderliche, sind aus Gründen der daraus resultierenden erhöhten Beanspruchung des Schlagwerks unerwünscht.

Zweck der vorliegenden Erfindung ist es, die Schlagkraft derart zu verändern, daß sie die Materialzerkleinerung ermöglicht, ohne die zur Beschleunigung des Schlagkolbens erforderliche Fluid-Durchflußmenge wesentlich zu verändern. Der Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und ein zur Durchführung des Verfahrens geeignetes Schlagwerk zu schaffen, mit denen sich die Schlagkraft des Schlagkolbens selbsttätig und reflexionsabhängig an die Materialhärte anpassen läßt.

Die gestellte Aufgabe wird grundsätzlich dadurch gelöst, daß der Schlagkolbenhub unter Ausnutzung der bei Reflexionen zurückgewonnenen hydraulischen Energie an die Härte des zu bearbeitenden Materials angepaßt wird.

Gemäß dem Patentanspruch 1 besteht das Verfahren zur Beeinflussung des Betriebsverhaltens im Kern darin, zusätzlich zu der ersten Zeitverzögerung - welche die Steuerung für die Umschaltung aus der Arbeitshubstellung in die Rückhubstellung benötigt - eine zweite, mit dem Betriebsdruck veränderliche Zeitverzögerung in Lauf zu setzen mit der Folge, daß der Schlagkolben während der ersten Zeitverzögerung zunächst einen vom Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials abhängigen Rückhub und - nach Umschalten der Steuerung in die Rückhubstellung - einen Rest-Rückhub ausführt, der mit zunehmender Größe des den Betriebsdruck verändernden Reflexionsgrads zunimmt, wobei zum Endzeitpunkt der zweiten Zeitverzögerung unabhängig von der Schlagkolbenstellung die Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung eingeleitet wird.

Die zweite Zeitverzögerung kann direkt oder indirekt vom Schlagkolben ausgelöst werden. Beispielsweise ist es möglich, über das vom Schlagkolben erzeugte Auslösesignal, welches die Umschaltung der Steuerung in die Schlagkolben-Rückhubstellung einleitet, gleichzeitig (über ein Zusatz-Zeitglied) eine Schaltung zu aktivieren, die ihrerseits nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne die bereits erwähnte zweite Zeitverzögerung in Lauf setzt. Diese ist zur Anpassung an unterschiedliche Arbeitsbedingungen einstellbar und - soweit der Einstellwert nicht verändert wird - vom Reflexionsgrad (und damit von der Materialhärte) abhängig. Falls also das zu bearbeitende Material sehr weich ist (d.h. der Reflexionsgrad in der Nähe von Null

liegt), hat der Schlagkolben nach der ersten Zeitverzögerung allenfalls einen sehr geringen Rückhub ausgeführt; dementsprechend wird der bis zum Umschalten der Steuerung in die Arbeitshubstellung insgesamt zurückgelegte Rückhub entsprechend klein ausfallen mit der Folge, daß auch der nachfolgende Arbeitshub dementsprechend klein ist und damit die Schlagenergie einen entsprechend kleineren Wert aufweist.

Falls der Schlagkolben über sein Werkzeug auf sehr hartes Material (mit einem verhältnismäßig hohen Reflexionsgrad) auftrifft, führt der dann zurückspringende Schlagkolben bereits während der ersten Zeitverzögerung einen verhältnismäßig großen Rückhub aus, an den sich während der zweiten Zeitverzögerung bis zur Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung der vom Antrieb erzwungene Rest-Rückhub anschließt. Das Auftreffen auf hartes Material hat demnach zur Folge, daß der Schlagkolben innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeitspanne - welche abhängig von der Größe des Reflexionsgrads ist - einen vergleichsweise größeren Rückhub und den nachfolgenden Arbeitsvorgang mit entsprechend hoher Schlagkraft ausführt.

Nur während des Rest-Rückhubs stößt der Schlagkolben Hydraulikflüssigkeit in die Rücklaufleitung des Schlagwerks aus. Da die Volumenstrombilanz am Schlagwerk ausgeglichen ist, bedeutet eine geringere Rest-Rückhubhöhe eine bei vorgegebenem Volumenstrom höhere Schlagzahl.

Die zweite Zeitverzögerung kann dabei entweder unmittelbar durch ein vom Schlagkolben hervorgerufenen Auslösesignal (d.h. wegabhängig) oder auch lediglich mittelbar vom Schlagkolben, d.h. wegunabhängig, in Lauf gesetzt werden.

Besonders einfach läßt sich das Verfahren durchführen, falls dafür Sorge getragen wird, daß der Anfangszeitpunkt der zweiten Zeitverzögerung mit dem Endzeitpunkt der ersten Zeitverzögerung zusammenfällt (Anspruch 2).

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, insbesondere zur Vermeidung einer ungünstigen Beanspruchung des Schlagwerks, sollte die zweite Verzögerungszeit so gewählt werden, daß die Umschaltung zum zugehörigen Endzeitpunkt derart eingeleitet wird, daß der Schlagkolben bei einem bestimmten Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials unterhalb des größtmöglichen Reflexionsgrads (gerade) den konstruktiv vorgesehenen maximalen Rückhub ausführt (Anspruch 3).

Oberhalb des vorgegebenen Werts für den Reflexionsgrad wird das Verfahren zweckmäßig in der Weise ausgeführt, daß die zweite Zeitverzögerung wegabhängig vom Schlagkolben über eine Endabschaltung rechtzeitig unterbrochen wird; durch diese wird sichergestellt, daß die Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung spätestens zu dem Zeitpunkt beendet ist, zu dem der Schlagkolben den konstruktiv vorgesehenen oberen Umkehrpunkt erreicht hat (Anspruch 4).

Im Rahmen der Erfindung kann die zweite Verzögerungszeit auch so gewählt werden, daß der Schlagkolben bei größtmöglichem Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials den konstruktiv vorgegebenen oberen Umkehrpunkt erreicht (Anspruch 5).

Gemäß Patentanspruch 6 kann das Verfahren in der Weise durchgeführt werden, daß durch Anpassen der zweiten Verzögerungszeit sichergestellt wird, daß der Schlagkolben jeweils einen vorgegebenen Mindest-Rückhub ausführt. Dessen Wert kann insbesondere zwischen 20 und 50 % des konstruktiv vorgesehenen maximalen Rückhubs betragen (Anspruch 7).

Die eingangs erwähnte Aufgabe wird ferner durch ein fluidbetriebenes Schlagwerk mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

Danach besteht der Kerngedanke der Erfindung in der Verwendung eines zeitverzögert schaltenden Vorsteuerventils, welches (im Normalfall) die Umschaltung der Steuerung aus der Rückhub- in die Arbeitshubstellung herbeiführt.

Im einzelnen ist die größere, in Richtung der Arbeitshubstellung wirksame Schieberfläche der Steuerung über eine Zusatzleitung an den Ausgang eines mit einer Rückstellung versehenen Vorsteuerventils angeschlossen, welches durch der Wirkung der Rückstellung entgegengerichtete Kraftbeaufschlagung aus seiner Öffnungs- in die Sperrstellung überführt werden kann, wobei die der Rückstellung entgegenwirkende Verstellkraft dadurch hervorgerufen wird, daß der an der größeren Kolbenfläche des Schlagkolbens anliegende Arbeitsdruck über eine Vorsteuerleitung auf eine Verstellfläche des Vorsteuerventils einwirkt. Diesem ist ein Verzögerungsglied zugeordnet, unter dessen Wirkung das Vorsteuerventil mit einstellbarer Zeitdauer verzögert aus der Sperr- in die Öffnungsstellung umschaltet. Letzteres ist eingangsseitig entweder ständig und unmittelbar oder - abhängig von der Stellung des Schlagkolbens innerhalb des Arbeitszylinders - lediglich zeitweilig über den von der kleineren Kolbenfläche mitbegrenzten vorderen Zylinderraumabschnitt an die Druckleitung angeschlossen (Anspruch 8).

Falls also der Druck in der Vorsteuerleitung abfällt, geht das Vorsteuerventil unter Einwirkung des Verzögerungsgliedes erst nach einer einstellbaren Zeitdauer aus der Sperr- in die Öffnungsstellung über und leitet - gegebenenfalls in Abhängigkeit von der Stellung des Schlagkolbens innerhalb des Arbeitszylinders - erst dann die Umschaltung des Steuerschiebers in die Arbeitshubstellung ein. Die Steuerung arbeitet dabei insofern selbst zeitverzögert, als ihr Steuerschieber für die Bewegung aus der Rückhub- in die Arbeitshubstellung und umgekehrt jeweils eine systembedingte Zeitspanne benötigt.

Das Verzögerungsglied kann, unter Berücksichtigung der an es zu stellenden Anforderungen, beliebig ausgebildet sein. Vorzugsweise besteht das Verzögerungsglied aus einem Stromregler, dessen Sollwert druckabhängig verstellbar ist und der unmittelbar oder mittelbar über die von der Steuerung ausgehende

Umsteuerleitung für die Beaufschlagung der größeren Kolbenfläche mit der Rücklaufleitung in Verbindung steht (Anspruch 9). Mittels des Stromreglers läßt sich der durchfließende Volumenstrom auf einen eingestellten Sollwert einregeln, solange keine die Einstellung verändernde Druckänderung auftritt. Bei Änderung der Gesteinhärte ändert sich die Rücksprunghöhe des Schlagkolbens und damit auch der Systemdruck. Der Stromregler stellt sich dann auf einen neuen, systemdruckabhängigen Sollwert ein, wodurch der Rest-Rückhub des Schlagkolbens bestimmt bzw. geändert wird. Normalerweise ist der Stromregler in der Weise ausgestaltet, daß sein Durchflußquerschnitt vollständig geöffnet ist, falls er in entgegengesetzter Richtung durchflossen wird, also sein Ausgang mit dem höheren Druck beaufschlagt ist. Falls der Druck in der Umsteuerleitung absinkt, kann das Vorsteuerventil unter Einwirkung der Rückstellung und entgegen der Wirkung des Stromreglers aus der zunächst eingenommenen Sperrstellung in die Öffnungsstellung umschalten und damit gegebenenfalls die größere Schieberfläche der Steuerung mit Arbeitsdruck beaufschlagen.

Das Schlagwerk kann jedoch auch dadurch vorteilhaft weitergebildet sein, daß dem Stromregler in Richtung auf das Vorsteuerventil ein Rückschlagventil parallel geschaltet ist, welches die Schließstellung einnimmt, während das Vorsteuerventil aus seiner Sperrin die Öffnungsstellung umschaltet (Anspruch 10).

Das Rückschlagventil ermöglicht nicht nur eine schnellere Befüllung der Vorsteuerleitung; es stellt auch sicher, daß das Vorsteuerventil gegebenenfalls rascher in seine Sperrstellung überführt wird als unter Einwirkung des Stromreglers allein. Dementsprechend lassen sich durch zusätzliche Verwendung des Rückschlagventils - welches erforderlichenfalls auch federbelastet ausgeführt sein kann - insgesamt größere Verzögerungszeiten erzielen.

Die bereits erwähnte Rückstellung des Vorsteuerventils (in Richtung auf die Öffnungsstellung) läßt sich im einfachsten Fall dadurch verwirklichen, daß das Vorsteuerventil über eine kleiner bemessene Verstellfläche (welche der mit der Vorsteuerleitung verbundenen größeren Verstellfläche entgegengerichtet ist) ständig mit der Druckleitung in Verbindung steht.

Die eingangsseitig mit dem Vorsteuerventil verbundene Eingangsleitung kann - in Längsrichtung des Schlagkolbens gesehen - zwischen der Einmündung der Druckleitung in den vorderen Zylinderraumabschnitt und der Einmündung der Steuerleitung in den Zylinderraum derart angeordnet sein, daß ihre Einmündung in den Zylinderraum zum Aufschlagzeitpunkt des Schlagkolbens durch diesen verschlossen ist (Anspruch 11).

Die Einmündung der Eingangsleitung bzw. der Steuerleitung in den Zylinderraum stellt eine Kurzhub- bzw. Langhubbohrung dar. Über diese Kurzhubbohrung wird die Eingangsleitung des Vorsteuerventils erst mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt, nachdem der Schlagkolben während seines Rückhubs eine bestimmte Wegstrecke zurückgelegt hat.

Das Schlagwerk kann dadurch weiter ausgestaltet sein, daß die Zusatzleitung mit einem Wechselventil ausgestattet ist, welches gleichzeitig mit der Rücklaufleitung in Verbindung steht (Anspruch 12).

Das Wechselventil - dessen Aufbau und Wirkungsweise in der bereits erwähnten Druckschrift DE-C2-34 43 542 (vgl. „Halteventil 30“) beschrieben sind, stellt unter anderem sicher, daß die Bewegung des Steuerchiebers in die Rückhubstellung, unabhängig von der Stellung des Schlagkolbens innerhalb des Zylinderraums, nicht behindert wird.

Die Ausführungsform gemäß Anspruch 13, bei welcher der dem Rückschlagventil bezüglich der Vorsteuerleitung parallelgeschaltete Stromregler fortwährend mit der Rücklaufleitung in Verbindung steht, weist den Vorteil auf, daß die durch den Stromregler hervorgerufene Verzögerungszeit von den Druckverhältnissen in der Umsteuerleitung für die größere Kolbenfläche im wesentlichen unabhängig ist. Der Druckaufbau in dieser Umsteuerleitung kann - abhängig von den Betriebsverhältnissen - mehr oder weniger schnell vor sich gehen und würde somit die zweite Zeitverzögerung beeinflussen, falls der Stromregler unmittelbar mit der Umsteuerleitung in Verbindung stände.

Andere Ausführungsformen des Erfindungsgegenstandes sind mit den Ansprüchen 14 und 15 beschrieben. Dabei wird das Vorsteuerventil in Öffnungsrichtung mit einer hydraulisch bzw. mechanisch erzeugten Rückstellkraft beaufschlagt.

In Schließrichtung ist das Vorsteuerventil über eine Verstellblende mit fest eingestelltem Querschnitt mit dem Arbeitsdruck (Systemdruck) und darüber hinaus über eine Steuerleitung mit einem fest eingestellten Druck beaufschlagt.

Die bereits erwähnte Rückstellkraft in Öffnungsrichtung läßt sich insbesondere mittels eines Druckminderventils erzeugen. Statt dessen kann die Rückstellkraft auch auf mechanischem Wege mittels einer Rückstellfeder ausgelöst werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele im einzelnen erläutert.

Es zeigen:

- | | | |
|----|------------|---|
| 45 | Fig. 1a, b | in einem Weg-Zeit-Diagramm den Weg des Schlagkolbens für den Fall der Bearbeitung weichen bzw. harten Materials, wobei das zugehörige Schlagwerk in bekannter Weise in Abhängigkeit vom Schlagkolben-Weg gesteuert ist; |
| 50 | | |
| 55 | Fig. 1c, d | die zugehörigen Weg-/Schlagzahl-Diagramme in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad bei wegabhängiger Schlagkolbensteuerung; |
| | Fig. 2a, b | in einem Weg-Zeit-Diagramm den Schlagkolben-Weg für den Fall der |

	Bearbeitung weichen bzw. harten Materials, wobei die Steuerung im Sinne der Erfindung ausgebildet ist;		Fig. 12b	eine Teilansicht des Schaltschemas gemäß Fig. 12a, wobei das Verzögerungsglied unmittelbar mit einer drucklosen Rücklaufleitung in Verbindung steht;
Fig. 2c, d	die zugehörigen Weg-/Schlagzahl-Diagramme in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad bei weg- und zeitabhängiger Schlagkolbensteuerung;	5	Fig. 13a, b	eine schematische Darstellung eines als Verzögerungsglied dienenden Stromreglers (Fig. 13a), gegebenenfalls mit druckabhängig verstellbarem Sollwert (Fig. 3b); und
Fig. 3a bis e	das Schaltschema eines im Sinne der Erfindung ausgestalteten Schlagwerks in unterschiedlichen Zeitpunkten eines Arbeitszyklus mit schematisch dargestelltem Verzögerungsglied für die zweite Zeitverzögerung;	10	Fig. 14, 15	andersartige Vorrichtungen zur Einstellung der zweiten Zeitverzögerung Δt_2 .
Fig. 4a bis e	die den Fig. 3a bis e zugeordneten Weg-Zeit-Diagramme;		<p>Die in Fig. 1a, b dargestellten Weg-Zeit-Diagramme lassen erkennen, daß die Periodendauer T für den Arbeitszyklus des Schlagkolbens eines hydraulischen Schlagwerks mit zunehmender Härte des zu bearbeitenden Materials kürzer wird, falls der Schlagkolbenhub S konstant eingestellt ist; dies ist der Fall bei Verwendung von Steuerungen, die üblicherweise vom Kolbenweg abhängig arbeitend ausgebildet sind.</p> <p>In den Darstellungen ergibt sich die unterschiedlich große Zeitdauer T eines Arbeitszyklus aus dem Abstand zwischen den beiden benachbarten Zeitpunkten, zu denen der Schlagkolben den oberen Totpunkt OT (oder auch oberen Umkehrpunkt) erreicht hat. Der Aufschlagpunkt AP deutet an, daß der Schlagkolben zu dem angegebenen Zeitpunkt auf das Werkzeug - normalerweise einen Meißel - auftrifft.</p> <p>Die Steuerung des Schlagwerks benötigt für das Umschalten aus der Arbeitshub- in die Rückhubstellung einerseits und aus dieser in die Arbeitshubstellung andererseits eine Zeitspanne Δt_1 (mit dem Anfangszeitpunkt T1 und Endzeitpunkt T2) bzw. eine Zeitspanne Δt_3 mit dem Anfangszeitpunkt T4.</p> <p>Wie in der Zeichnung angedeutet, wird die Umschaltung der Steuerung aus der Arbeitshub- in die Rückhubstellung üblicherweise durch ein Auslösesignal eingeleitet, welches zeitlich bereits vor dem Aufschlagzeitpunkt AP hervorgerufen wird.</p> <p>Bei der Bearbeitung weichen Materials (Fig. 1a) führt der Schlagkolben - da keine Schlagenergie reflektiert wird - nach dem Auftreffen auf das Werkzeug kurzzeitig praktisch keine Bewegung aus, d.h. die Rückhubbewegung des Schlagkolbens wird erst herbeigeführt, nachdem die Steuerung zum Zeitpunkt T2 in die Rückhubstellung umgeschaltet hat. Dementsprechend wird für den Rückhub bei vorgegebener Größe S eine verhältnismäßig große Zeitspanne benötigt.</p> <p>Falls der Schlagkolben über das zugehörige Werkzeug auf verhältnismäßig hartes Material auftrifft, legt er - wie Fig. 1b erkennen läßt - in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials bis zum Endzeitpunkt T2 bereits einen beachtlichen Weg zurück, bevor anschließend unter Einwirkung der Steuerung der Rest-Rückhub bis zum oberen Umkehrpunkt OT</p>	
Fig. 5a bis c	das Schaltschema eines im Sinne der Erfindung ausgestalteten Schlagwerks in mehreren Verfahrenszuständen für den Fall der Bearbeitung weichen Materials;	20		
Fig. 6a bis c	die den Fig. 5a bis c zugeordneten Weg-Zeit-Diagramme;	25		
Fig. 7	das Schaltschema eines im Sinne der Erfindung ausgestalteten Schlagwerks für den Fall der Bearbeitung harten Materials;	30		
Fig. 8	das der Fig. 7 zugeordnete Weg-Zeit-Diagramm;	35		
Fig. 9	das Schaltschema eines Schlagwerks, welches neben einem zeitverzögert arbeitenden Vorsteuerventil ein Wechselventil aufweist;	40		
Fig. 10	eine Teildarstellung des Schaltschemas gemäß Fig. 9 mit einer andersartigen Ausgestaltung des Schlagkolbens und der in den zugehörigen Zylinderraum einmündenden Leitungen;	45		
Fig. 11	eine Teilansicht des Schaltschemas gemäß Fig. 9 mit einer abweichenden Ausgestaltung, welche als „Mindesthubschaltung“ ausgebildet ist;	50		
Fig. 12a	das Schaltschema eines Schlagwerks gemäß Fig. 11, wobei dem Verzögerungsglied für das Vorsteuerventil zusätzlich ein Rückschlagventil zugeordnet ist;	55		

ausgeführt wird.

Der Teil-Rücksprung des Schlagkolbens in Rückhubrichtung hat zur Folge, daß ein Teil der Schlagenergie zurückgewonnen wird (indem der Schlagkolben über die größere Kolbenfläche Hydraulikflüssigkeit in ein Speichermittel pumpt) und die für die Durchführung des Rest-Rückhubes benötigte Zeitdauer verhältnismäßig kurz ist. Dementsprechend hat die Verwendung einer wegababhängigen Steuerung zur Folge, daß die Schlagzahl des Schlagkolbens bei der Bearbeitung harten Materials höher ist als bei der Bearbeitung weichen Materials. Fig. 1c im Zusammenhang mit Fig. 1d zeigt, daß bei konstant gehaltenem Schlagkolbenweg S die Schlagzahl z mit zunehmender Größe des Reflexionsgrades R anwächst.

Abweichend vom Stand der Technik wird im Rahmen der Erfindung derart vorgegangen, daß durch Verändern der Zeitdauer für den Gesamt-Rückhub der vom Schlagkolben zurückgelegte Weg S materialabhängig verkürzt oder verlängert wird.

Zu diesem Zweck wird neben der Zeitverzögerung Δt_1 für die Umschaltung der Steuerung in die Rückhubstellung eine zweite, vom Reflexionsgrad abhängige Zeitverzögerung Δt_2 in Lauf gesetzt (Fig. 2a, b), nach deren Ablauf (Endzeitpunkt T4) die Umschaltung der Steuerung von der Rückhub- in die Arbeitsstellung (Zeitspanne Δt_3) eingeleitet wird: Die Einleitung der Umschaltung zum Endzeitpunkt T4 erfolgt also lediglich zeitabhängig und dementsprechend unabhängig von dem zu diesem Zeitpunkt zurückgelegten Schlagkolben-Weg S.

Der Anfangszeitpunkt T3 der zweiten Zeitverzögerung Δt_2 kann zu einem beliebigen Zeitpunkt durch ein geeignetes Auslösesignal festgelegt werden. In dem in Fig. 2a, b dargestellten Ausführungsbeispiel fällt der Anfangszeitpunkt T3 mit dem Endzeitpunkt T2 der ersten Zeitverzögerung Δt_1 zusammen.

Fig. 2a läßt erkennen, daß der Weg S des Schlagkolbens im Falle der Bearbeitung weichen Materials nur noch etwa halb so groß ist wie aus Fig. 1a ersichtlich. Dies bedeutet, daß die Schlagkraft im Vergleich zur Ausführung gemäß Fig. 1a erheblich herabgesetzt worden ist und nur noch die für die Zerstörung des weichen Materials erforderliche Schlagkraft erzeugt wird; die Schlagzahl ist aufgrund der kürzeren Zeitdauer T des Arbeitszyklus jedoch auf einem ähnlich hohen Niveau verblieben wie im Falle der Bearbeitung harten Materials.

Wie Fig. 2b verdeutlicht, ist die zweite Zeitverzögerung Δt_2 (H) so bemessen worden, daß bei der Bearbeitung harten Materials der konstruktiv vorgesehene maximale Rückhub erreicht wird: Im Falle der Fig. 1b und 2b ist der Weg S zwischen dem oberen Totpunkt OT und dem Aufschlagpunkt AP gleich groß. Die Zeitverzögerung Δt_2 (H) ist größer als diejenige für weiches Material (Δt_2 (W) in Fig. 2a).

Im Rahmen der Erfindung läßt sich durch geeignete Einstellung der zweiten Verzögerungszeit Δt_2 in Abhängigkeit von der Materialhärte bzw. vom Reflexionsgrad

R der Schlagkolbenweg S - wie aus Fig. 2c ersichtlich - insbesondere auch derart verändern, daß er bis zu einem unteren Grenzwert R_0 ansteigt und anschließend durch eine Endabschaltung konstant bleibt. Der zugehörige Verlauf der Schlagzahl z in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad R ergibt sich aus Fig. 2d. Zweckmäßig ist das Verfahren derart ausgestaltet, daß die Schlagzahl - ausgehend von R_0 in Richtung auf $R=0$ - ansteigt (vgl. die durchgezogene Linie in Fig. 2d).

Dies kann erfindungsgemäß dadurch verwirklicht werden, daß eine Endabschaltung im Bereich zwischen $R = 100\%$ und $R = R_0$ aktiviert wird, bevor das Vorsteuerventil umschaltet. Erst nach Unterschreiten des Wertes R_0 wird über das Vorsteuerventil (mit druckabhängig eingestellter zweiter Zeitverzögerung Δt_2) die Umschaltung des Schlagkolbens herbeigeführt.

Die Einstellung der zweiten Verzögerungszeit Δt_2 - und damit die davon abhängige Beeinflussung der Größe des Schlagkolben-Rückhubs - in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad R hat also zur Folge, daß sich das Betriebsverhalten des Schlagwerks optimal an die Materialhärte anpassen läßt.

Das beim Rücksprung des Schlagkolbens zurückgeführte Fluid-Volumen wird in an sich bekannter Weise von einem Speichermittel aufgenommen und beim nachfolgenden Arbeitshub wieder aktiviert.

Das Schlagwerk 1 (vgl. Fig. 3a) weist neben den noch zu beschreibenden Leitungen sowie Antriebs- und Steuerungselementen einen Arbeitszylinder 2 auf, in dem ein Schlagkolben 3 in Längsrichtung hin- und herbeweglich gehalten ist. Dieser weist im Innenraum des Arbeitszylinders liegend zwei Kolbenbunde 3a, 3b auf, welche durch eine Umfangsnut 3c voneinander getrennt sind. Die nach außen gerichtete Kolbenfläche A1 und A2 des Kolbenbundes 3a bzw. 3b begrenzt mit dem Arbeitszylinder einen hinteren und vorderen Zylinderraumabschnitt 2a bzw. 2b.

Außerhalb des Arbeitszylinders 2 geht der Schlagkolben 3 in eine Kolbenspitze 3d über, der ein Werkzeug in Gestalt eines Meißels 4 gegenüberliegt.

Die Kolbenfläche A2 ist kleiner bemessen als die Kolbenfläche A1.

Fig. 3a zeigt das Schlagwerk in einem Zustand unmittelbar nach Auftreffen des Schlagkolbens 3 auf den Meißel 4; die zugehörige Schlagkolbenstellung ist in dem Weg-Zeit-Diagramm gemäß Fig. 4a durch einen Kreis angedeutet.

Die Steuerung für die Umschaltung der Bewegung des Schlagkolbens 3 besteht aus einem in einem Steuerventil 5 beweglichen Steuerschieber 5a, dessen kleinere Schieberfläche A_{S1} über eine Rückstelleitung 6 ständig mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt ist; dieser wird von einer Energiequelle in Form einer Hydraulikpumpe 7 erzeugt. Auch die kleinere Kolbenfläche A2 ist über eine Druckleitung 8, welche mit der Rückstelleitung 6 in Verbindung steht, ständig mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt. Die Einmündung 8a der Druckleitung ist bezüglich des Arbeitszylinders derart angeordnet, daß sie in jedem Fall außerhalb des Kol-

benbundes 3b und somit innerhalb des vorderen Zylinderraumabschnitts 2b liegt.

Die größere Schieberfläche A_{S2} des Steuerschiebers 5a steht über eine Steuerleitung 9 mit dem Zylinderraum derart in Verbindung, daß ihre Einmündung 9a in dem dargestellten Zustand über die Umfangsnut 3c an eine drucklos gehaltene Rücklaufleitung 10 angeschlossen ist. Die Einmündung 9a und die Einmündung 10a der Rücklaufleitung liegen sich also - in Längsrichtung des Schlagkolbens 3 gesehen - in einem Abstand gegenüber, der kleiner ist als die axiale Länge der Umfangsnut 3c.

Das Steuerventil 5 ist einerseits über eine Leitung 11 an die Druckleitung 8 und andererseits über eine Leitung 12 an die Rücklaufleitung 10 angeschlossen. Andererseits steht das Steuerventil 5 über eine Umschaltleitung 13 mit dem hinteren Zylinderraumabschnitt 2a in Verbindung, über welchen die größere Kolbenfläche A1 gegebenenfalls beaufschlagt werden kann.

Das Steuerventil 5 kann zwei Ventilstellungen einnehmen, nämlich die dargestellte (linke) Arbeitshubstellung, in welcher die größere Kolbenfläche A1 über die Umsteuerleitung 13 und die Leitung 11 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt ist, und die (rechte) Rückhubstellung, in welcher der hintere Zylinderraumabschnitt 2a über die Umsteuerleitung 13, die Leitung 12 und die Rücklaufleitung 10 drucklos gehalten ist.

Die Verzögerungszeiten, welche das Steuerventil 5 für das Umschalten aus der Arbeitshub- in die Rückhubstellung bzw. aus dieser in die Arbeitshubstellung benötigt, sind durch die Hinweise " $\Delta t1$ " bzw. " $\Delta t3$ " angedeutet.

Erfindungsgemäß ist das Schlagwerk 1 zusätzlich mit einem Vorsteuerventil 14 ausgestattet, welches einerseits über eine Eingangsleitung 15 mit dem Zylinderraum und andererseits über eine Zusatzleitung 16 mit der Steuerleitung 9 in Verbindung steht. Das Vorsteuerventil 14 ist dabei in der Weise ausgestaltet, daß es entweder die dargestellte Sperrstellung oder eine Öffnungsstellung einnehmen kann, in welcher die Leitungen 15 und 16 miteinander verbunden sind.

Die Einmündung 15a der Eingangsleitung in den Zylinderraum ist derart angeordnet, daß sie - in Längsrichtung des Schlagkolbens 3 gesehen - zwischen den Einmündungen 8a und 9a liegt und in der dargestellten Aufschlagstellung des Schlagkolbens durch den Kolbenbund 3b verschlossen ist.

Die Stellung des Vorsteuerventils 14 läßt sich über zwei Flächen beeinflussen, nämlich über die kleiner bemessene Rückstellfläche A_{V1} und über die größere Verstellfläche A_{V2} . Die erstgenannte Fläche ist über die mit der Druckleitung 8 verbundene Rückstellleitung 17 ständig mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt; das Vorsteuerventil 14 hat demzufolge das Bestreben, die Öffnungsstellung einzunehmen.

Die Verstellfläche A_{V2} steht unter Zwischenschaltung eines Verzögerungsgliedes 18 (dem gegebenenfalls ein Rückschlagventil 19 parallelgeschaltet sein

kann; vgl. dazu Fig. 12a) über eine Vorsteuerleitung 20 mit der Umsteuerleitung 13 in Verbindung. Falls diese mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt ist, der Schlagkolben 3 also über die größere Kolbenfläche A1 in Schlagrichtung angetrieben wird, nimmt das Vorsteuerventil 14 unter Einwirkung der Verstellfläche A_{V2} die Sperrstellung ein, in welcher die Leitungen 15 und 16 wirkungslos sind.

Das Verzögerungsglied 18 kann insbesondere als Stromregler mit druckabhängig verstellbarem Sollwert ausgebildet sein.

Wie aus Fig. 3a ersichtlich ist, hat der Schlagkolben 3 über seine Umfangsnut 3c die Steuerleitung 9 mit der Rücklaufleitung 10 verbunden. Der noch in der Arbeitshubstellung befindliche Steuerschieber 5a wird demnach unter Einwirkung der mit dem Arbeitsdruck beaufschlagten Schieberfläche A_{S1} nach links verschoben.

Sobald der Steuerschieber 5a durch Bewegung nach links seine Rückhubstellung erreicht hat, ist die größere Kolbenfläche A1 über die Umsteuerleitung 13, das Steuerventil 5 und die Leitung 12 an die drucklose Rücklaufleitung 10 angeschlossen (Fig. 3b). Der Schlagkolben 3 beginnt unter Einwirkung der Druckkraft, welche über die Druckleitung 8 auf die kleinere Kolbenfläche A2 ausgeübt wird, seinen (in der zeichnerischen Darstellung nach oben gerichteten) Rückhub (vgl. dazu die in Fig. 4b angedeutete Schlagkolbenstellung).

Die Zeitverzögerung, mit welcher der Steuerschieber 5a unter Einwirkung der kleineren Schieberfläche A_{S1} aus der Arbeitshub- in die Rückhubstellung umschaltet, ist durch den Hinweis " $\Delta t1$ " gekennzeichnet.

Nach Umschalten des Steuerschiebers 5a in die Rückhubstellung und dem damit verbundenen Druckabfall in der Umsteuerleitung 13 beginnt sich das Vorsteuerventil 14 unter Einwirkung der druckbeaufschlagten Rückstellfläche A_{V1} in Richtung auf seine Öffnungsstellung zu verschieben (vgl. dazu Fig. 3c). Diese Umschaltbewegung wird über das Verzögerungsglied 18 (bei gleichzeitig geschlossenem Rückschlagventil 19) derart beeinflusst, daß nach einer Zeitspanne - die durch die Materialhärte vorgegeben wird - die (in Fig. 3d dargestellte) Öffnungsstellung erreicht wird. Der Schlagkolben 3 hat inzwischen seine Rückhubbewegung fortgesetzt (vgl. dazu Fig. 4c).

Diese Bewegung bezüglich des Arbeitszylinders 2 hat einerseits zur Folge, daß die Verbindung zwischen der Steuerleitung 9 und der Rücklaufleitung 10 unterbrochen ist. Andererseits hat der Kolbenbund 3b die Einmündung 15a der Eingangsleitung 15 freigegeben, so daß diese über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b an die Druckleitung 8 angeschlossen ist.

Sobald das Vorsteuerventil 14 nach Ablauf der Zeitverzögerung $\Delta t2$ die in Fig. 3d dargestellte Öffnungsstellung erreicht hat, wird die größere Schieberfläche A_{S2} über die Zusatzleitung 16 und die Steuerleitung 9 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt. Der Steuerschieber

5a beginnt sich demzufolge aus der Rückhub- in die Schlaghubstellung zu verschieben; diese erreicht er nach Ablauf der Zeitspanne Δt_3 .

Fig. 4d läßt in diesem Zusammenhang erkennen, daß der Schlagkolben 3 inzwischen den wesentlichen Teil seines Rückhubes ausgeführt hat, bevor - wie bereits erwähnt - die Umschaltung des Steuerventils 5 in die Arbeitshubstellung eingeleitet wird.

Sobald der Steuerschieber 5a die Arbeitshubstellung (Fig. 3e) eingenommen hat, ist die Umsteuerleitung 13 über die Leitung 12 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt, welcher auch auf die größere Kolbenfläche A1 einwirkt und dadurch den nächsten Arbeitshub auslöst.

Die zugehörige Fig. 4e läßt erkennen, daß der Schlagkolben gerade den oberen Totpunkt oder Umkehrpunkt (OT) erreicht und - bezogen auf den Aufschlagpunkt AP - einen Weg S zurückgelegt hat (Fig. 3e).

Das Vorsteuerventil 14, dessen (größere) Verstellfläche A_{V2} über die Umsteuerleitung 13 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt ist, wird unter Zwischenschaltung des Verzögerungsglieds 18 - welches auf diese Weise beaufschlagt wie ein Rückschlagventil wirken oder ein parallelgeschaltetes Rückschlagventil aufweisen muß - in die Sperrstellung umgeschaltet, wodurch die Leitungen 15 und 16 wirkungslos geschaltet werden.

Die vorausgehende Erläuterung der Fig. 3 und 4 setzt voraus, daß das zu bearbeitende Material eine mittlere Härte aufweist, so daß der Schlagkolben 3 einen mittelgroßen Weg S zurücklegt. Dieser Weg ist um so größer, je größer der Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials ist, wobei die Gesamtsteuerung - bedingt durch die zeitverzögerte Arbeitsweise des Steuerventils 5 und des Vorsteuerventils 14 - eine vom Reflexionsgrad R abhängige Zeitdauer T der Arbeitszyklen gewährleistet; letztere setzt sich zusammen aus den Zeitverzögerungen Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 und aus der Zeitspanne für den Arbeitshub des Schlagkolbens. Die Zeitspanne für den Arbeitshub ändert sich mit sich änderndem Schlagkolbenhub nur geringfügig und hat daher auf die Zeitdauer T nur geringen Einfluß. Die Zeitverzögerungen Δt_1 und Δt_3 , mit denen das Steuerventil 5 umschaltet, stellen eine im wesentlichen unveränderliche Gerätekongstante dar. Die Zeitverzögerung Δt_2 für das Umschalten des Vorsteuerventils 14 wird durch druckabhängige Einstellung des Verzögerungsglieds 18 festgelegt mit der Folge, daß sich die Zeitdauer T des Arbeitszyklus in Abhängigkeit von der Materialhärte (d.h. von der Größe des Reflexionsgrads R) definiert ändert.

Die Fig. 5a bis c beziehen sich auf den Grenzfall, daß das Vorsteuerventil 14 bereits die in Fig. 5a dargestellte Öffnungsstellung erreicht hat, bevor über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b eine Verbindung zwischen den Leitungen 15 und 8 hergestellt worden ist; die der Darstellung gemäß Fig. 5a entsprechende Stellung des Schlagkolbens 3 ist in Fig. 6a angedeutet.

Dieser Fall kann eintreten, falls das Schlagwerk eingeschaltet wird und sich beim ersten Arbeitszyklus der spätere Betriebsdruck noch nicht eingestellt hat bzw. falls die Zeitverzögerung Δt_2 über das Verzögerungsglied 18 zu kurz ist.

Bedingt durch die vorzeitige Umschaltung des Vorsteuerventils 14 wird das Steuerventil 5 ausschließlich in Abhängigkeit von der Stellung des Schlagkolbens in die Arbeitshubstellung gebracht, und zwar sobald - wie in Fig. 5b und 6b angedeutet - der Schlagkolben 3 den Weg S1 zurückgelegt hat. Dies hat zur Folge, daß die Eingangsleitung 15 über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b an die Druckleitung 8 angeschlossen ist und dementsprechend über die dann druckbeaufschlagte größere Schieberfläche A_{S2} die Verstellung des Steuerschiebers 5a in die Arbeitshubstellung eingeleitet wird.

Dadurch, daß - in Längsrichtung des Schlagkolbens 3 gesehen - zwischen den Einmündungen 8a und 15a der Leitungen 8 und 15 ein Abstand besteht und das Steuerventil 5 zeitverzögert umschaltet, ist sichergestellt, daß der Schlagkolben 3 einen Mindesthub S_{\min} ausführt, bevor nach Umschalten des Steuerschiebers 5 in die Arbeitshubstellung der Arbeitshub eingeleitet wird (vgl. Fig. 5c und 6c).

Falls der Schlagkolben 3 über sein Werkzeug 4 auf extrem hartes Material aufschlägt und die Verzögerungszeit Δt_2 an dem Verzögerungsglied 18 sehr lang ist, erreicht er möglicherweise vor dem Umschalten des Vorsteuerventils 14 in die Öffnungsstellung den konstruktiv vorgegebenen oberen Totpunkt oder Umkehrpunkt, durch welchen der maximale Schlagkolben-Weg S_{\max} festgelegt ist.

In einem derartigen Ausnahmefall "überholt" die Rückhubbewegung des Schlagkolbens 3 die Umschaltung des Vorsteuerventils 14 dadurch, daß über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b die Steuerleitung 9 mit der Druckleitung 8 verbunden wird und der Steuerschieber 5a (mit der Zeitverzögerung Δt_3) in die Arbeitshubstellung umzuschalten beginnt.

Durch geeignete Anordnung der Einmündung 9a der Steuerleitung 9 bezüglich des Arbeitszylinders 2 wird verhindert, daß der Schlagkolben 3 im zugehörigen Gehäuse anschlägt und das Schlagwerk überbeansprucht wird.

Die Fig. 7 und 8 lassen erkennen, daß - unabhängig von der Wirkung des Vorsteuerventils 14 - die Rückhubbewegung des Schlagkolbens wegabhängig unterbrochen werden kann, nachdem dieser einen vorgegebenen Maximalweg S_{\max} zurückgelegt hat.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 ist dem Vorsteuerventil 14 und dem Steuerventil 5 zusätzlich ein Wechselventil 21 zugeordnet, dessen Aufbau und Arbeitsweise aus der Druckschrift DE-C2-34 43 542 bekannt sind.

Das Wechselventil steht über die Zusatzleitung 16 mit dem Vorsteuerventil 14, über eine mit der Zusatzleitung 16 verbundene Leitung 16a mit der Steuerleitung 9 und über eine weitere Leitung 16b mit der größeren Schieberfläche des Steuerventils 5 in Verbindung. Unter Ein-

wirkung seiner beiden Verstellflächen W_1 und W_2 kann das Wechselventil die dargestellte Sperrstellung oder eine Öffnungsstellung einnehmen; in letzterer ist die Leitung 16b über die Leitungen 16a, 22 und 12 an die Rücklaufleitung 10 angeschlossen.

Das Wechselventil weist als weiteren wesentlichen Bestandteil eine Drossel 21a auf, welche zwischen den Einmündungen der Leitungen 9 und 16b in die Leitung 16a eingebaut ist. Unter Einwirkung der Drossel 21a baut sich an den Steuerflächen W_1 und W_2 ggf. ein Druck auf, welcher die erforderliche Umschaltung des Wechselventils 21 in die Sperr- oder die Öffnungsstellung zur Folge hat.

Das Wechselventil 21 stellt sicher, daß die Umschaltung des Steuerschiebers 5a aus der Arbeitshub- in die Rückhubstellung - unabhängig von der Stellung des Schlagkolbens 3 - nicht behindert wird. Dies geschieht dadurch, daß die Leitung 16b über die Leitungen 16a, 22, 12 und 10 bei der Öffnungsstellung einnehmendem Wechselventil 21 drucklos geschaltet wird.

Falls das Vorsteuerventil 14 die Öffnungsstellung erreicht hat, wird das Steuerventil 5 über die Leitungen 16, 16a und 16b druckbeaufschlagt und damit seine Umschaltung in die Schlaghubstellung eingeleitet; das Wechselventil 21 stellt dabei sicher, daß die Verbindung zwischen den Leitungen 16, 16a, 9, und 16b einerseits und den Leitungen 22, 12 und 10 andererseits unterbrochen ist.

Da die Eingangsleitung 15 unmittelbar an die Druckleitung 8 angeschlossen ist, weist die Ausführungsform gemäß Fig. 9 keine Kurzhubbohrung auf.

Die Darstellung gemäß Fig. 10 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung mit Endabschaltung und ohne Mindesthub.

Die Einmündung 9a der Steuerleitung 9 liegt - angepaßt an die Ausgestaltung des Schlagkolbens 3 - so, daß vor dem Aufschlag des Schlagkolbens 3 auf das zugehörige Werkzeug 4 über die Umlaufnut 3c zwischen den Leitungen 9 und 10 eine Verbindung hergestellt wird. Diese hat zur Folge, daß die Umschaltung des (in Fig. 9 dargestellten) Steuerventils 5 in die Rückhubstellung eingeleitet werden kann.

Falls der Schlagkolben 3 unter Einwirkung eines stark reflektierenden Materials schneller zurückprallt als das Vorsteuerventil 14 in seine Öffnungsstellung umschalten kann, erfolgt die Umschaltung des Steuerventils 5 (vgl. dazu Fig. 9) gegebenenfalls wegabhängig. Dies geschieht dadurch, daß der Kolbenbund 3b im Laufe der Rückhubbewegung die Einmündung 9a freisetzt, so daß diese über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b und die Druckleitung 8 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt ist. Die somit unter Druck stehende Steuerleitung 9 leitet mit der Zeitverzögerung Δt_3 die Umschaltung des Steuerventils 5 (vgl. dazu Fig. 9) in die Arbeitshubstellung ein.

Die in Fig. 11 dargestellte Bauweise unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 9 dadurch, daß die Leitungen 8, 15 und 9 mit ihren Einmündungen 8a, 15a bzw. 9a, wie beispielsweise in Fig. 3a darge-

stellt, angeordnet sind.

Die Eingangsleitung 15 wird dabei erst wegabhängig freigegeben, steht also nicht ständig unter Arbeitsdruck. Vielmehr wird über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b erst dann eine Verbindung mit der Druckleitung 8 hergestellt, nachdem der Schlagkolben 3 einen Mindesthub (entsprechend dem axialen Abstand zwischen den Einmündungen 8a und 15a) zurückgelegt hat.

Die Einmündung 9a der Steuerleitung 9 stellt - im Gegensatz zur Einmündung 15a - eine Langhubbohrung dar; diese ermöglicht es, die Steuerleitung 9 - unabhängig von der Stellung des Vorsteuerventils 14 - mit Arbeitsdruck zu beaufschlagen und dadurch die Umschaltung des (in Fig. 9 dargestellten) Steuerventils 5 in die Arbeitshubstellung einzuleiten. Dies geschieht dadurch, daß der Kolbenbund 3b sich an der Einmündung 9a vorbeibewegt, so daß diese über den vorderen Zylinderraumabschnitt 2b ebenfalls an die Druckleitung 8 angeschlossen ist.

Die Fig. 12a zeigt eine Ausgestaltung des Schlagwerks 1, welche der Ausführungsform beispielsweise gemäß Fig. 3a mit der Maßgabe entspricht, daß den Ventilen 5 und 14 (entsprechend Fig. 9) ein Wechselventil 21 zugeordnet ist. Darüber hinaus ist dem Verzögerungsglied 18 zusätzlich ein Rückschlagventil 19 parallelgeschaltet.

Das Rückschlagventil 19 stellt den schnellen Rückhub des Vorsteuerventils 14 sicher.

Gemäß Fig. 12b kann das Verzögerungsglied 18 auch zum Tank hin arbeiten und ist dementsprechend vom gegebenenfalls im Schlagwerk entstehenden Rücklaufdruck unabhängig. Über das Rückschlagventil 19 wird dabei der Rückhub des Vorsteuerventils 14 beeinflusst.

Das zuvor erwähnte Verzögerungsglied 18 ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 13a als Stromregler 23 ausgebildet, durch den - unabhängig vom Eingangsdruck - immer ein konstanter Volumenstrom hindurchfließt. Dementsprechend kann die zweite Zeitverzögerung Δt_2 für eine vorgegebene Einstellung des Stromreglers unabhängig vom Arbeitsdruck (Systemdruck) konstant gehalten werden. Die Einstellbarkeit der Größe des Stromregler-Sollwerts ist durch einen Pfeil 23a angedeutet.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Lösungsvorschlags ist der Stromregler 23 druckabhängig verstellbar ausgebildet, d.h. der Sollwert des Volumenstroms läßt sich in Abhängigkeit von dem Arbeitsdruck p_0 dadurch verändern, daß der Durchlaßquerschnitt im Stromregler verstellt wird (Fig. 13b).

Zu diesem Zweck ist die Querschnittsverstellung (angedeutet durch den Pfeil 23a) mit einem Stellglied ausgestattet, welches einen Verstellkolben 24 mit einer Kolbenstange 24a und einer Rückstellfeder 25 aufweist; die Verschiebung der Kolbenstange 24a relativ zum Stromregler 23 hat eine Veränderung der Größe des Durchlaßquerschnitts zur Folge.

Bei der in Rede stehenden Ausführungsform sind

das Stellglied und der Stromregler derart ausgebildet, daß bei abnehmendem Arbeitsdruck p_0 (entsprechend einer Verschiebung der Kolbenstange 24a nach oben) der Stromregler 23 derart beeinflußt wird, daß der eingestellte Sollwert des Volumenstroms einen größeren Wert annimmt. Diese Verstellung in Richtung auf einen größeren Sollwert des Volumenstroms ist gleichbedeutend mit einer Verkürzung der zweiten Zeitverzögerung Δt_2 .

Falls die obere Kolbenfläche A_{SK} über die von der Vorsteuerleitung 20 ausgehende Steuerleitung 26 mit einem höheren Arbeitsdruck p_0 beaufschlagt wird, verschiebt sich die Kolbenstange 24a entgegen der Wirkung der Rückstellfeder 25 nach unten, wodurch der Durchlaßquerschnitt des Stromreglers 23 verkleinert wird.

Da sich - wie bereits erwähnt - der Arbeitsdruck mit zunehmendem Reflexionsgrad R erhöht, erfährt die zweite Zeitverzögerung Δt_2 in Abhängigkeit von der Einstellung des Stromreglers 23 die beschriebene Änderung.

Der Stromregler 23 im Zusammenwirken mit dem zugehörigen Stellglied stellt also sicher, daß in Abhängigkeit vom Arbeitsdruck bzw. Systemdruck die zweite Zeitverzögerung Δt_2 - und damit der Rest-Rückhub des Schlagkolbens - materialabhängig angepaßt wird: Bei kleiner werdendem Reflexionsgrad R und dementsprechend abnehmendem Arbeitsdruck bzw. Systemdruck wird der Rest-Rückhub kürzer, bei größer werdendem Reflexionsgrad dementsprechend länger.

Die Wirkungsweise des Stromreglers 23 läßt sich dadurch vorteilhaft abändern, daß der Rückstellkraft der Rückstellfeder 25 eine einstellbare, konstante Zusatzkraft parallelgeschaltet ist, welche ebenfalls einer Verschiebung des Verstellkolbens 24 in Richtung auf die Rückstellfeder 25 entgegenwirkt. Diese Zusatzkraft läßt sich in einfacher Weise dadurch erzeugen, daß die Rückstellfeder 25 eine Vorspannung erhält, unter deren Wirkung sie an einer nicht dargestellten Anschlagfläche in Anlage gehalten wird.

Eine Erhöhung der Vorspannung hat zur Folge, daß der über den Stromregler 23 vorgegebene Sollwert des Volumenstroms bei gleichem Arbeitsdruck bzw. Systemdruck p_0 größer wird. Dadurch wird Δt_2 kleiner und nimmt bei gleichem Arbeitsdruck bzw. Systemdruck und gleichem Reflexionsgrad die Größe des Rest-Rückhubs ab. Dementsprechend verschiebt sich der Punkt R_0 auf der Kennlinie nach rechts. Durch die Größe der Vorspannkraft läßt sich also der Grenzwert R_0 des Reflexionsgrads R vorgeben bzw. verändern, von dem ab der Sollwert des Stromreglers 23 und damit die Größe der zweiten Zeitverzögerung Δt_2 - wie in Fig. 2c und 2d dargestellt - für den Rest-Rückhub die bestimmende Größe ist.

Falls beispielsweise Δt_2 mit abnehmendem Reflexionsgrad R kleiner wird, wird der Rest-Rückhub des Schlagkolbens (und somit dessen Kolbenhub) kleiner: Dementsprechend steigt die Schlagzahl z an, da die Zeitspanne T für einen Arbeitszyklus einen kleineren

Wert annimmt.

Die Ausführungsformen gemäß Fig. 14 und 15 sollen im Rahmen der Erfindung ebenfalls dem Gedanken Rechnung tragen, daß mit zunehmendem Reflexionsgrad R der Arbeitsdruck bzw. Systemdruck ansteigt und dementsprechend die zweite Zeitverzögerung Δt_2 größer werden soll.

Abweichend von der Ausführungsform gemäß Fig. 9 geht dabei die Vorsteuerleitung 20 (unter Fortfall des Verzögerungsglieds 18) unter Zwischenschaltung einer Verstellblende 27 und eines dazu parallel geschalteten Rückschlagventils 28 in die Umsteuerleitung 13 über. Von der Druckleitung 8 geht darüber hinaus eine Steuerleitung 29 aus, über welche eine Fläche A_{V3} des Vorsteuerventils 14 druckbeaufschlagt ist.

Die beiden in Rede stehenden Ausführungsformen unterscheiden sich dadurch, daß bei der Ausführungsform gemäß Fig. 14 die mit der Druckleitung 8 verbundene Rückstellleitung 17 mit einem Druckminderventil 30 ausgestattet ist, während die Ausführungsform gemäß Fig. 15 eine auf das Vorsteuerventil 14 einwirkende Rückstellfeder 31 aufweist.

Das Druckminderventil 30 (vgl. Fig. 14) reduziert in der Rückstellleitung 17 den Arbeitsdruck bzw. Systemdruck auf einen fest vorgegebenen Wert, welcher die Fläche A_{V1} beaufschlagt und somit eine konstante Kraft in Öffnungsrichtung des Vorsteuerventils 14 hervorruft. Dieser Kraft in Öffnungsrichtung wirken die an den Flächen A_{V2} und A_{V3} angreifenden Druckkräfte entgegen.

Der Regeldruck in der Vorsteuerleitung 20 stellt sich so ein, daß am Vorsteuerventil 14 ein Kräftegleichgewicht vorhanden ist.

Dementsprechend nimmt der Regeldruck in der Vorsteuerleitung 20 mit steigendem Arbeitsdruck ab und umgekehrt.

Der die Verstellblende 27 durchfließende Volumenstrom, welcher sich aufgrund der Druckdifferenz zwischen den Leitungen 20 und 13 einstellt, bestimmt die Verstellgeschwindigkeit des Vorsteuerventils 14 und dementsprechend die Größe der zweiten Zeitverzögerung Δt_2 .

Falls mit steigender Größe des Reflexionsgrads R der Arbeitsdruck ansteigt, werden aufgrund des Kräftegleichgewichts am Vorsteuerventil 14 der Regeldruck in der Vorsteuerleitung 20 und die Druckdifferenz an der Verstellblende 27 kleiner. Dies hat zur Folge, daß der Volumenstrom durch die Verstellblende 27 abnimmt, die Geschwindigkeit des Vorsteuerventils 14 kleiner und die zweite Verzögerungszeit Δt_2 (wie gewünscht) größer wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 15 wird die in Öffnungsrichtung des Vorsteuerventils 14 wirkende Rückstellkraft durch die bereits erwähnte Rückstellfeder 31 erzeugt. Im übrigen gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 14: Mit zunehmender Größe des Reflexionsgrads R wird der Arbeitsdruck größer. Aufgrund des am Vorsteuerventil 14 herrschenden Kräftegleichgewichts nimmt der durch die Verstellblende 27 hindurch-

tretende Volumenstrom ab, da mit steigendem Arbeitsdruck der Regeldruck in der Vorsteuerleitung 20 fällt. Dementsprechend sinkt die Verstellgeschwindigkeit des Vorsteuerventils 14 mit der Folge, daß die zweite Zeitverzögerung Δt_2 (wie gewünscht) einen größeren Wert annimmt.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß durch Verwendung einfacher und wenig störanfälliger Zusatzelemente die Möglichkeit geschaffen wird, die von einem Schlagwerk erzeugte Schlagkraft selbsttätig an die Härte des zu bearbeitenden Materials anzupassen. Dies hat auch zur Folge, daß die Wirtschaftlichkeit des Schlagwerks verbessert und seine Beanspruchung herabgesetzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung des Betriebsverhaltens eines Schlagwerks mit einem Schlagkolben, der durch Beaufschlagung mit einem fluiden Antriebsmittel unter Einwirkung einer Steuerung wechselweise einen Arbeitshub in Schlagrichtung und einen Rückhub ausführt, wobei während des Arbeitshubs wegababhängig vom Schlagkolben zu einem Anfangszeitpunkt (T1) ein Auslösesignal erzeugt wird, welches die Umschaltung der Steuerung in die Rückhubstellung einleitet, und wobei die Steuerung die Rückhubstellung mit einer für alle Schlagzyklen nahezu konstanten Zeitverzögerung (Δt_1) zu einem Endzeitpunkt (T2) erreicht, der nach Vollendung des Arbeitshubs liegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine direkt oder indirekt vom Schlagkolben ausgelöste zweite, mit dem Betriebsdruck veränderliche Zeitverzögerung (Δt_2) in Lauf gesetzt wird mit der Folge, daß der Schlagkolben während der Zeitverzögerung Δt_1 zunächst einen vom Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials abhängigen Rückhub und - nach Umschalten der Steuerung in die Rückhubstellung - einen Rest-Rückhub ausführt, der mit zunehmender Größe des den Betriebsdruck verändernden Reflexionsgrads zunimmt, wobei zum Endzeitpunkt (T4) der zweiten Zeitverzögerung (Δt_2) unabhängig von der Schlagkolbenstellung die Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung eingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anfangszeitpunkt (T3) der zweiten Zeitverzögerung (Δt_2) mit dem Endzeitpunkt (T2) der Zeitverzögerung (Δt_1) zusammenfällt.
3. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Verzögerungszeit (Δt_2) so gewählt wird, daß die Umschaltung der Steuerung zum Endzeitpunkt (T4) derart eingeleitet wird, daß der Schlagkolben bei einem bestimmten Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials unterhalb des größtmöglichen

Reflexionsgrads den konstruktiv vorgesehenen maximalen Rückhub ausführt.

4. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Zeitverzögerung (Δt_2) wegababhängig vom Schlagkolben über eine Endabschaltung derart unterbrochen wird, daß die Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung spätestens zu dem Zeitpunkt beendet ist, zu dem der Schlagkolben den konstruktiv vorgegebenen oberen Umkehrpunkt erreicht hat.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Verzögerungszeit (Δt_2) so gewählt ist, daß der Schlagkolben bei größtmöglichem Reflexionsgrad des zu bearbeitenden Materials den konstruktiv vorgegebenen oberen Umkehrpunkt erreicht.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ablauf der zweiten Verzögerungszeit (Δt_2) die Umschaltung der Steuerung in die Arbeitshubstellung wegababhängig eingeleitet wird, falls die zweite Verzögerungszeit (Δt_2) abgelaufen ist und der Schlagkolben zum Endzeitpunkt (T4) weniger als einen vorgegebenen Mindest-Rückhub zurückgelegt hat.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindest-Rückhub auf eine Größe zwischen 20 und 50 % des konstruktiv vorgesehenen maximalen Rückhubs festgelegt ist.
8. Fluidbetriebenes Schlagwerk (1) zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem in einem Arbeitszylinder (2) beweglichen und auf ein Werkzeug (4) aufschlagenden Schlagkolben (3) sowie einer Steuerung mit einem in einem Steuerventil (5) beweglichen Steuerschieber (5a), wobei der Schlagkolben (3) zwei unterschiedlich große Kolbenflächen (A1, A2) aufweist, von denen die kleinere, in Richtung des Rückhubs wirksame Kolbenfläche (A2) ständig mit einer unter Arbeitsdruck stehenden Druckleitung (8) und die größere, in Richtung des Arbeitshubs wirksame Kolbenfläche (A1) über das Steuerventil (5) wechselweise mit der Druckleitung (8) und einer drucklosen Rücklaufleitung (10) verbunden ist und wobei der Steuerschieber (5a) zwei unterschiedlich große, in zueinander entgegengesetzter Bewegungsrichtung wirksame Schieberflächen aufweist, deren kleinere, in Richtung der Rückhubstellung des Steuerschiebers (5a) auf diesen einwirkende Schieberfläche (A_{S1}) ständig mit der Druckleitung (8) und deren größere Schieberfläche (A_{S2}) über eine zwischen den Kolbenflächen (A1,

A2) angeordnete Umfangsnut (3c) jeweils lediglich zeitweilig sowie abwechselnd mit der Druck- bzw. der Rücklaufleitung (8 bzw. 10) in Verbindung steht, **gekennzeichnet** durch folgende Merkmale:

- die größere Schieberfläche (A_{S2}) ist über eine Zusatzleitung (16) an den Ausgang eines mit einer Rückstellung (17 bzw. 23) versehenen Vorsteuerventils (14) angeschlossen, welches durch der Wirkung der Rückstellung entgegengerichtete Kraftbeaufschlagung aus seiner Öffnungs- in die Sperrstellung überführt werden kann, wobei die der Rückstellung entgegenwirkende Verstellkraft dadurch hervorgerufen wird, daß der an der größeren Kolbenfläche (A_1) anliegende Arbeitsdruck über eine Vorsteuerleitung (20) auf eine Verstellfläche (A_{V2}) des Vorsteuerventils (14) einwirkt;
 - dem Vorsteuerventil (14) ist ein Verzögerungsglied (18) zugeordnet, unter dessen Wirkung das Vorsteuerventil mit in Abhängigkeit vom Betriebsdruck sich einstellender Zeitdauer (Δt_2) verzögert aus der Sperr- in die Öffnungsstellung umschaltet; und
 - das Vorsteuerventil (14) ist eingangsseitig entweder und unmittelbar oder - abhängig von der Stellung des Schlagkolbens (3) innerhalb des Arbeitszylinders (2) - lediglich zeitweilig über den von der kleineren Kolbenfläche (A_2) mitbegrenzten vorderen Zylinderraumabschnitt (2b) an die Druckleitung (8) angeschlossen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungsglied aus einem Stromregler (23) mit druckabhängig verstellbarem Sollwert besteht, welcher unmittelbar oder mittelbar über die Umsteuerleitung (13) für die Beaufschlagung der größeren Kolbenfläche (A_1), die von der Steuerung (Steuerventil 5) ausgeht, mit der Rücklaufleitung (10) in Verbindung steht.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stromregler (23) in Richtung auf das Vorsteuerventil (14) ein Rückschlagventil (19) parallelgeschaltet ist, welches die Schließstellung einnimmt, während das Vorsteuerventil (14) aus seiner Sperr- in die Öffnungsstellung umschaltet.
11. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die eingangsseitig mit dem Vorsteuerventil (14) verbundene Eingangsleitung (15) - in Längsrichtung des Schlagkolbens (3) gesehen - zwischen der Einmündung (8a) der Druckleitung (8) in den vorderen Zylinderraumabschnitt (2b) und der Einmündung (9a) der Steuerleitung (9) in dem Zylinderraum derart angeordnet ist, daß ihre Einmündung (15a) in

den Zylinderraum im Aufschlagzeitpunkt des Schlagkolbens (3) durch diesen verschlossen ist.

12. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzleitung (16) mit einem Wechselventil (21) ausgestattet ist, welches gleichzeitig mit der Rücklaufleitung (10) in Verbindung steht.
13. Vorrichtung nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Umsteuerleitung (13) über das Rückschlagventil (19) mit der Vorsteuerleitung (20) in Verbindung steht und daß der Stromregler (23), welcher dem Rückschlagventil (19) bezüglich der Vorsteuerleitung (20) parallelgeschaltet ist, fortwährend an die Rücklaufleitung (10) angeschlossen ist.
14. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 und 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungsglied aus einer Verstellblende (27) mit fest eingestelltem Querschnitt besteht und durch das Vorsteuerventil (14) einerseits in Schließrichtung über eine erste Fläche (A_{V2}) durch den Arbeitsdruck (Systemdruck) und über eine zweite Fläche (A_{V3}) durch den Druck in einer Steuerleitung (29) und andererseits in Öffnungsrichtung durch einen Druck beaufschlagt ist, der über ein Druckminderventil (30) fest eingestellt ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorsteuerventil (14) in Öffnungsrichtung mit einer mechanisch erzeugten Rückstellkraft (Rückstellfeder 31) beaufschlagt ist.

Fig.1a

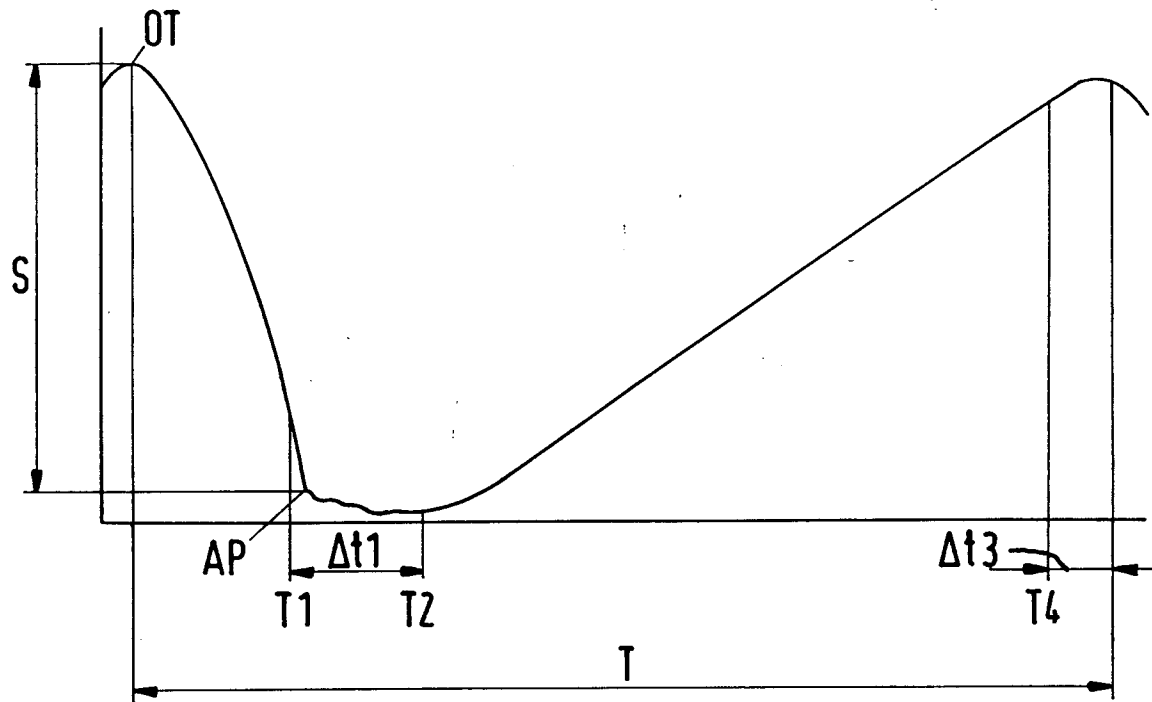


Fig.1b

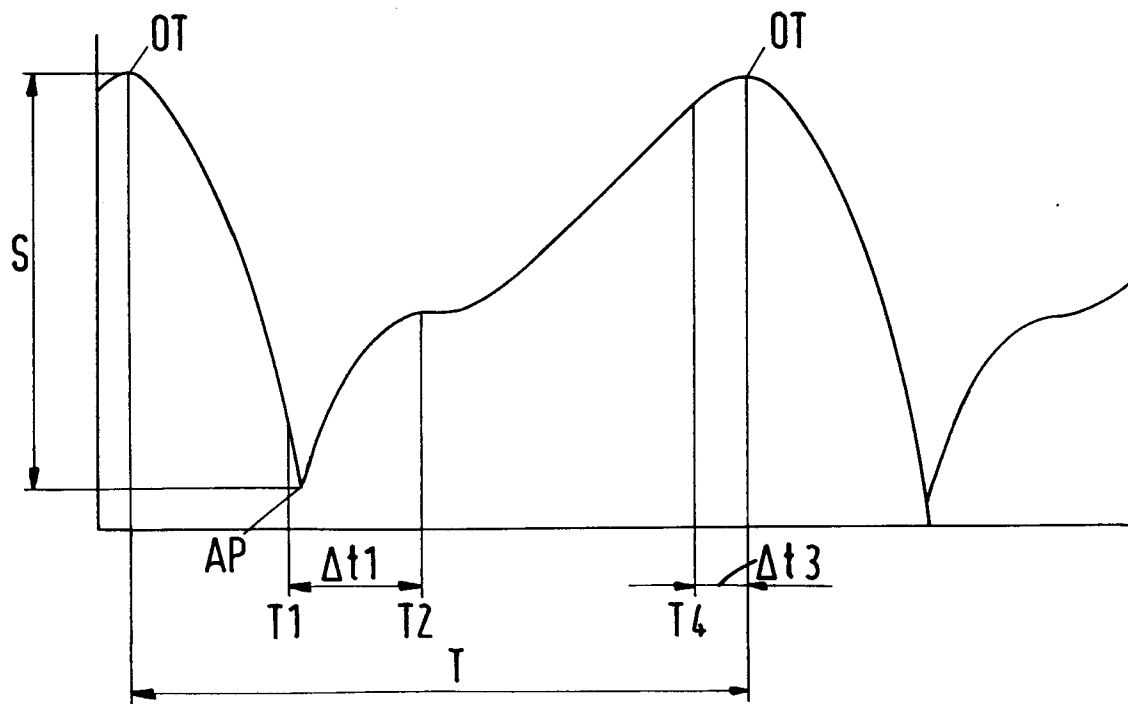


Fig. 1c

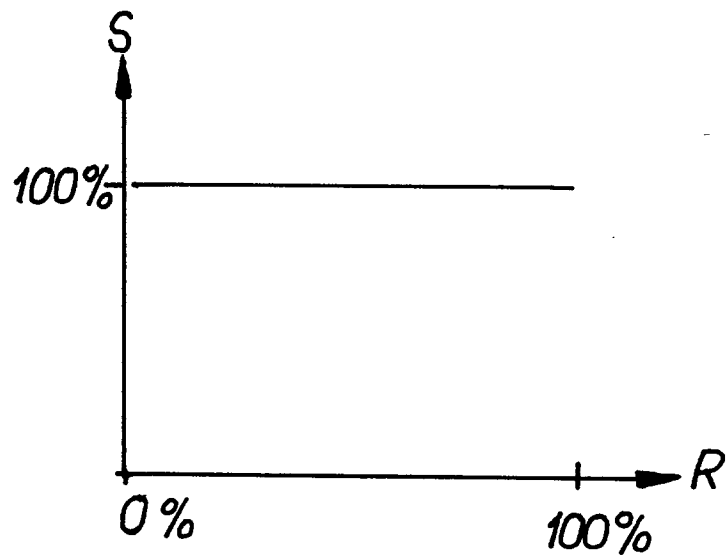


Fig. 1d

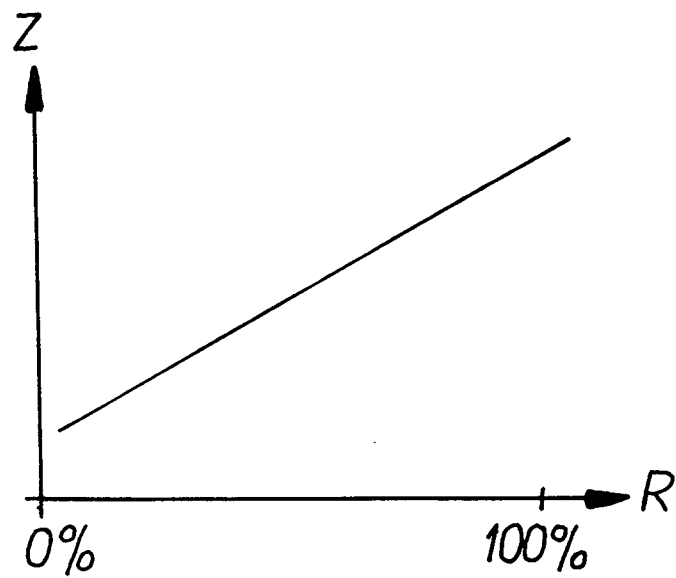


Fig.2a

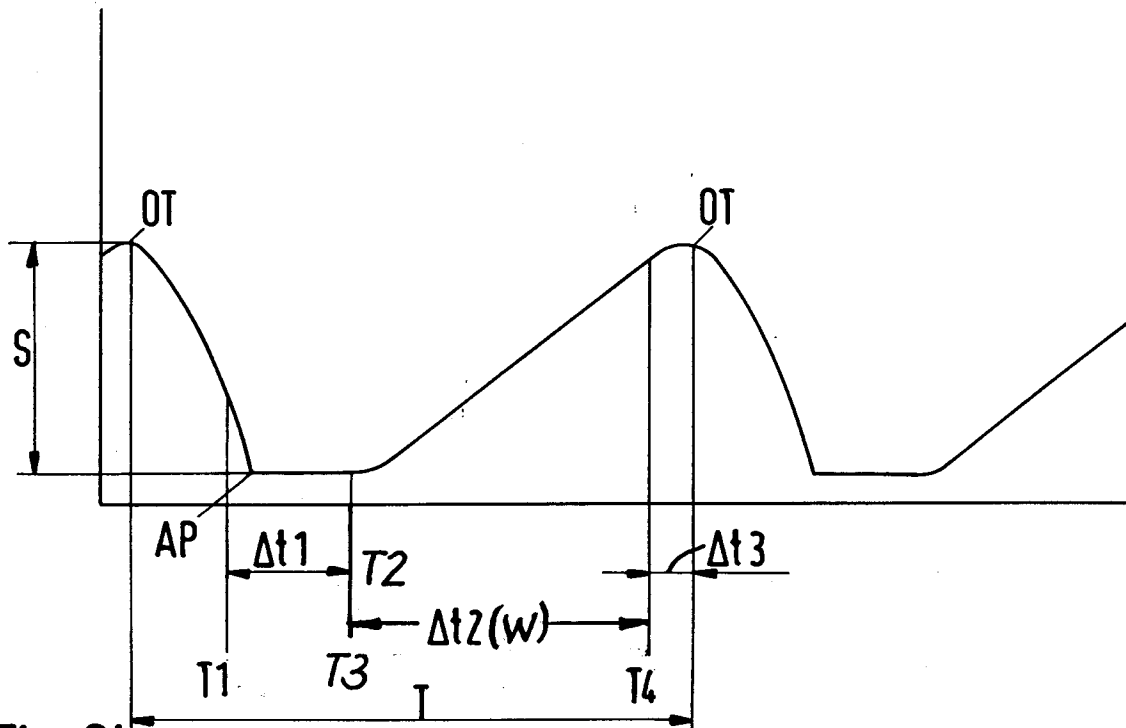


Fig.2b

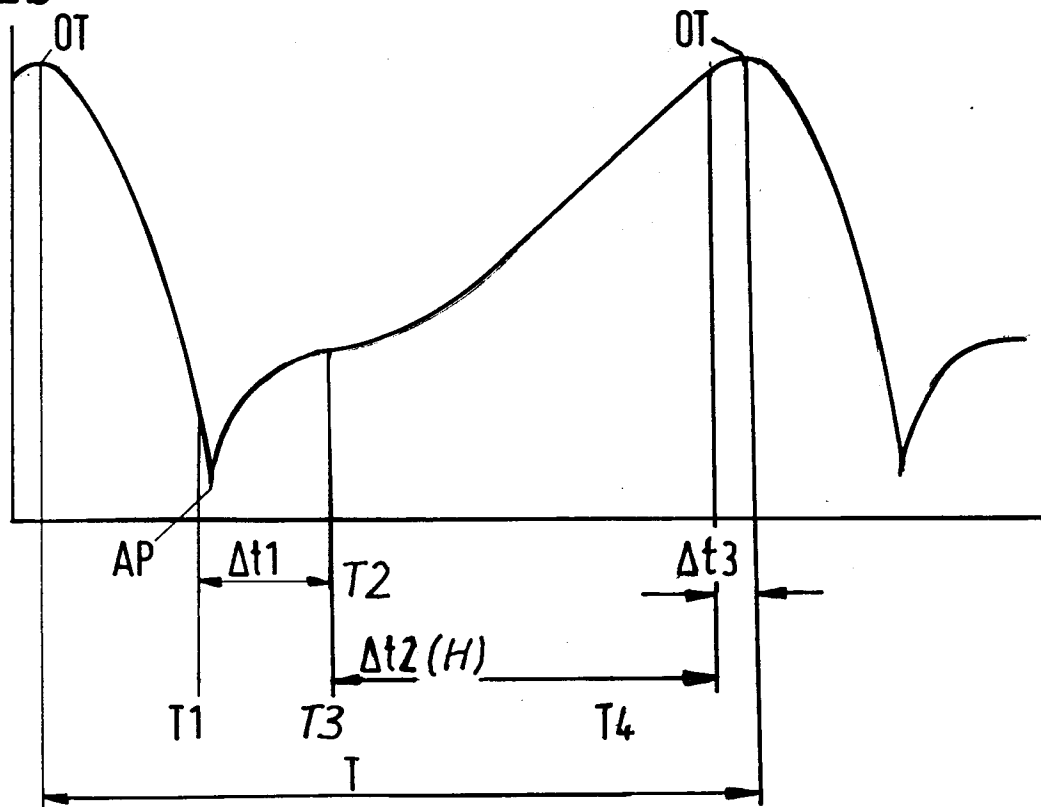


Fig. 2c

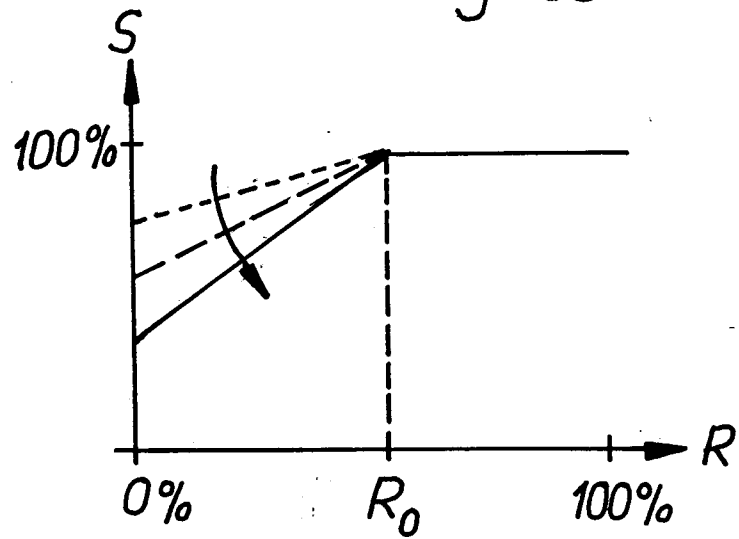


Fig. 2d

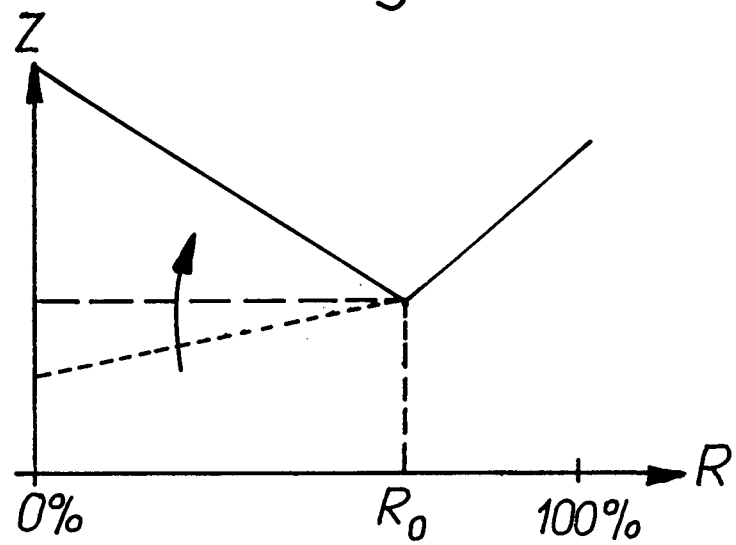


Fig.3a

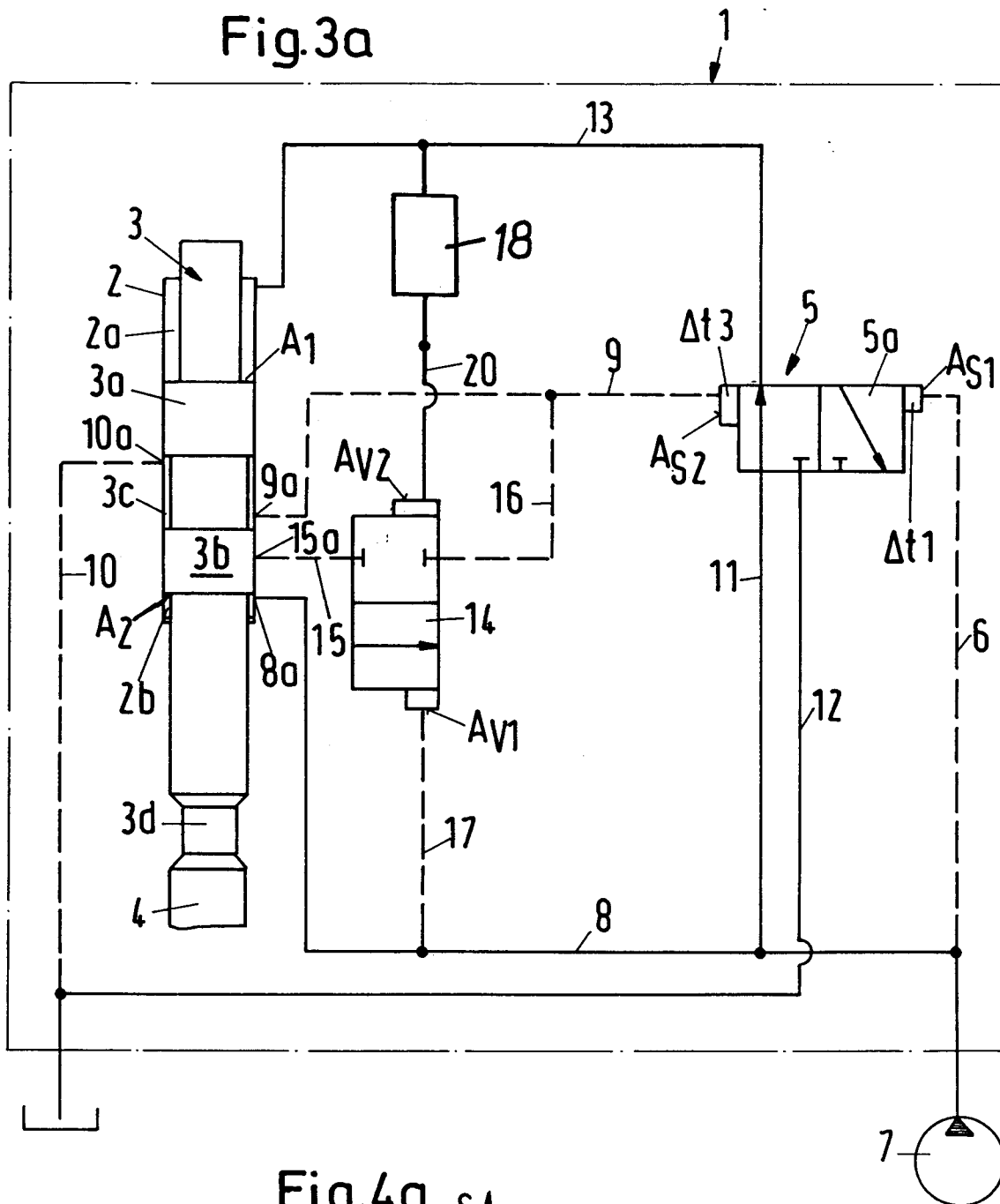


Fig.4a

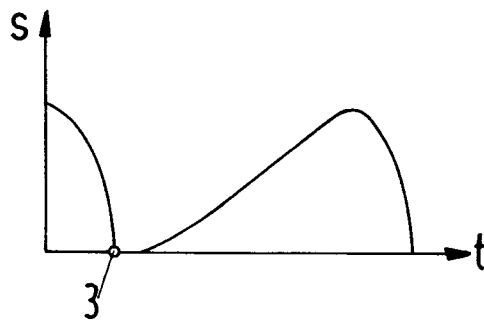


Fig.3b

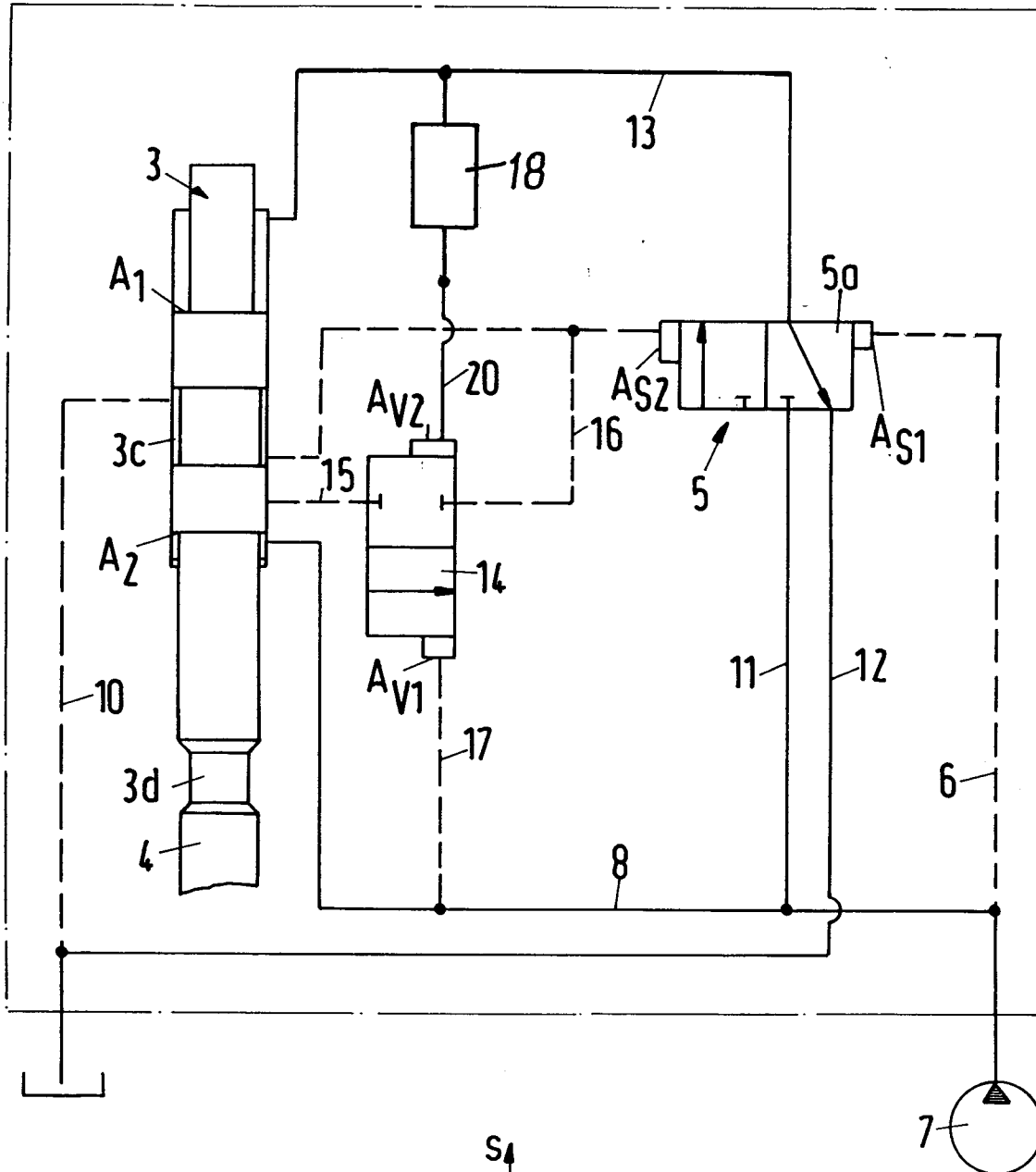


Fig.4b

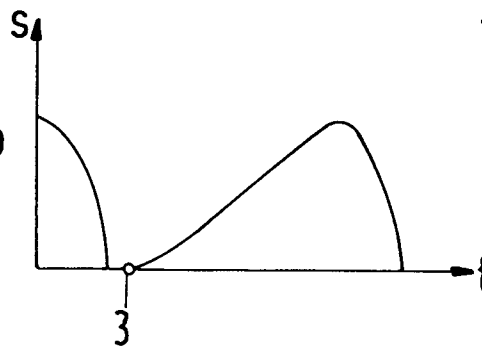


Fig.3c

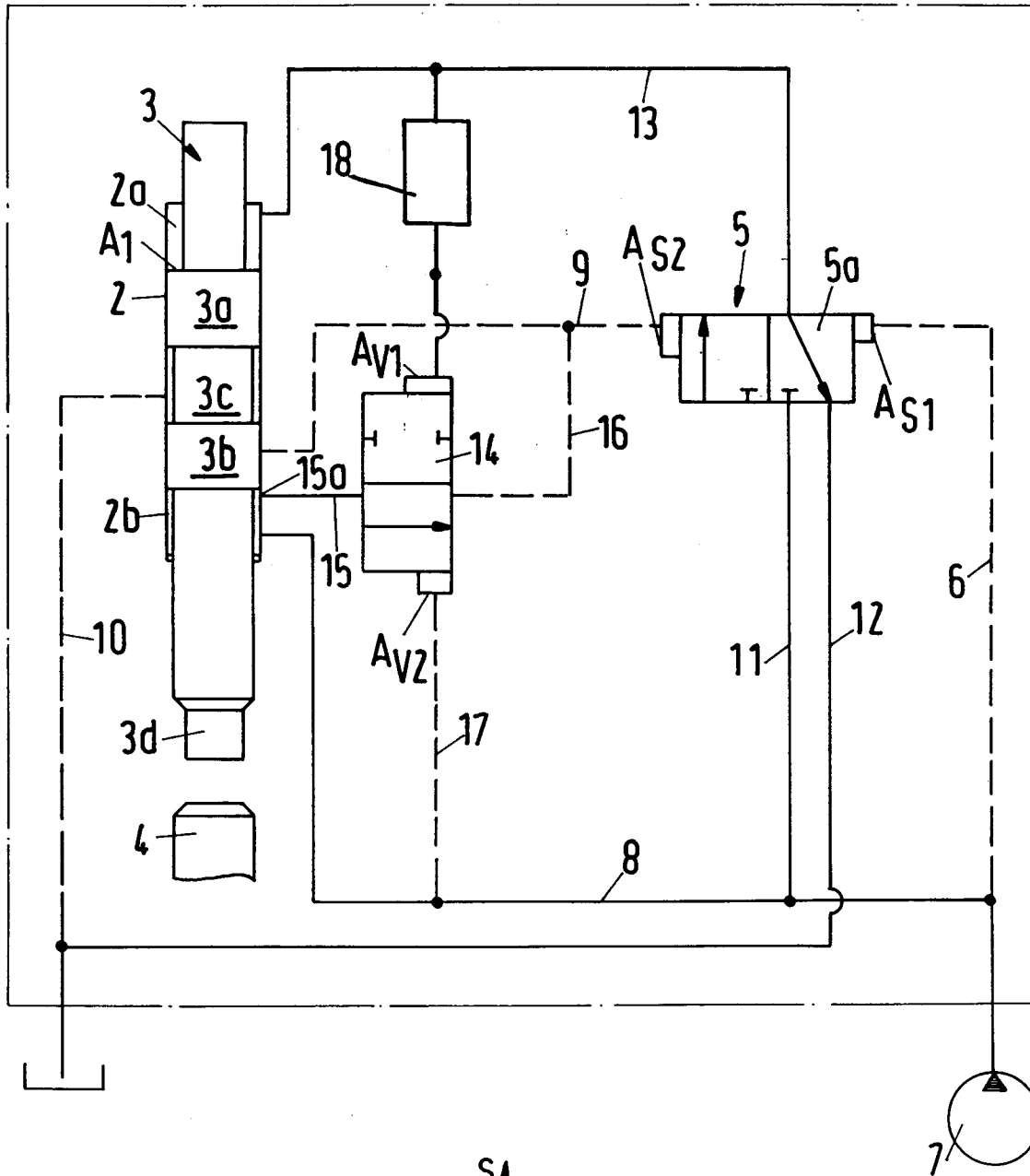


Fig.4c

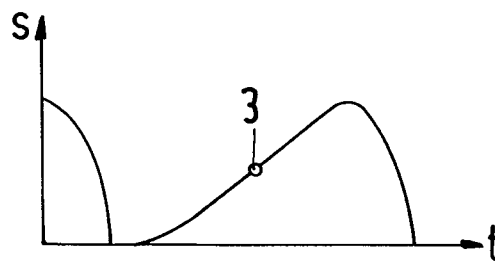


Fig.3d

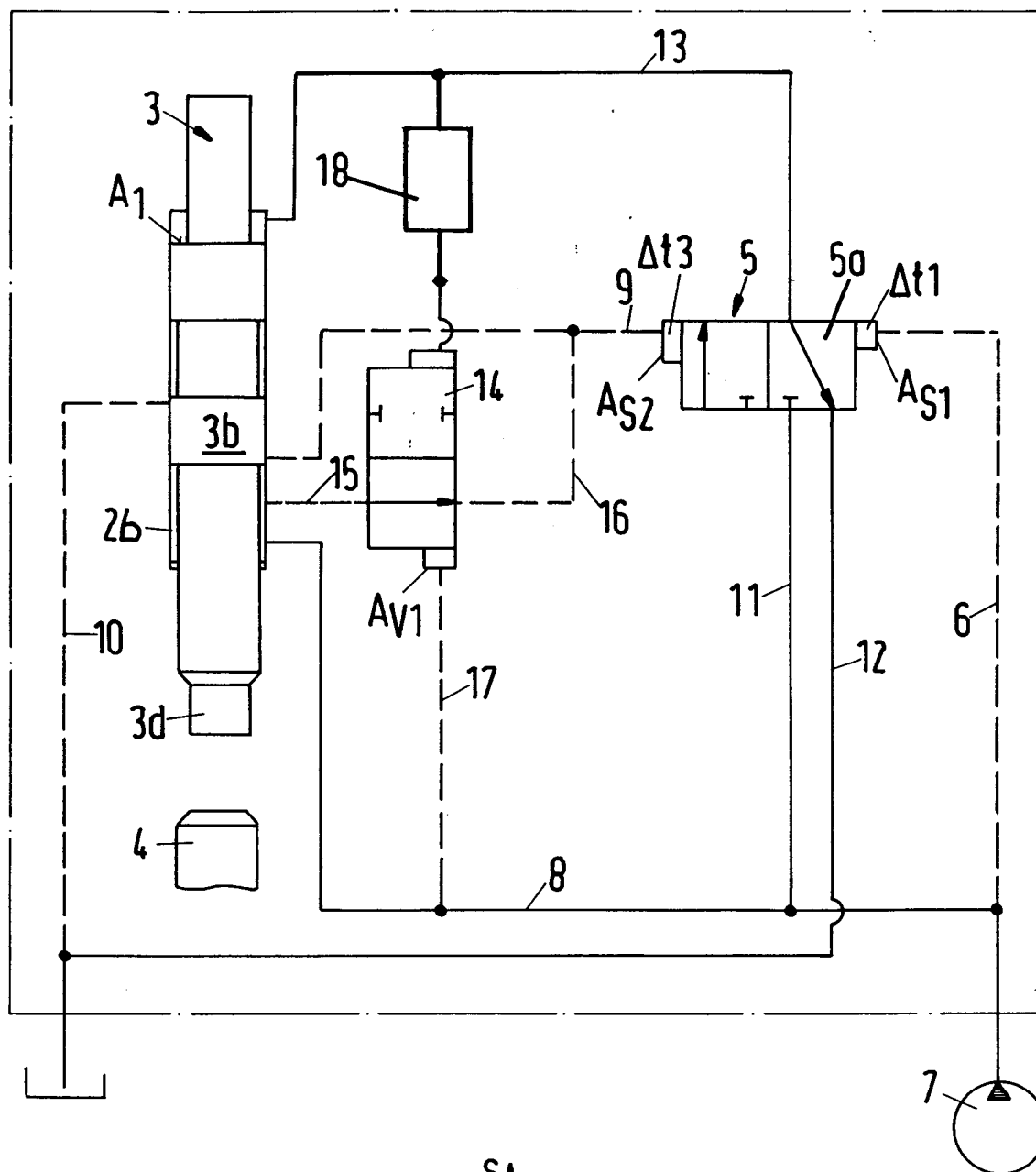


Fig.4d

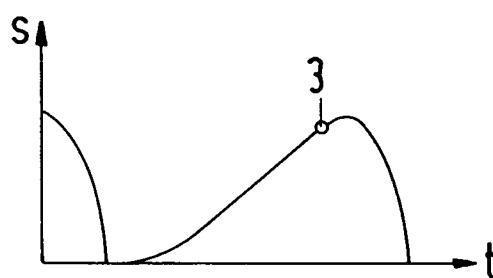


Fig.3e

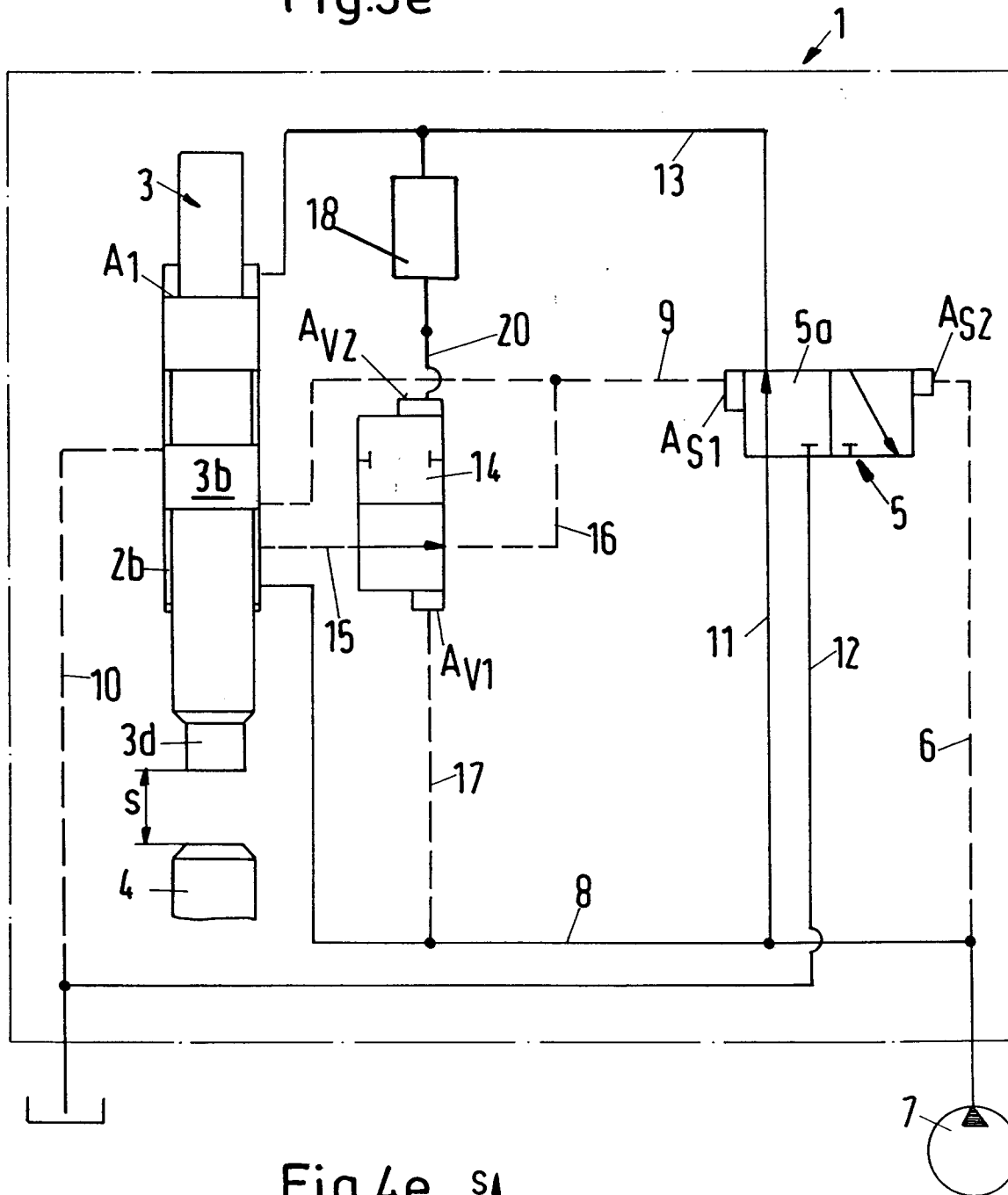


Fig.4e

Fig. 5a

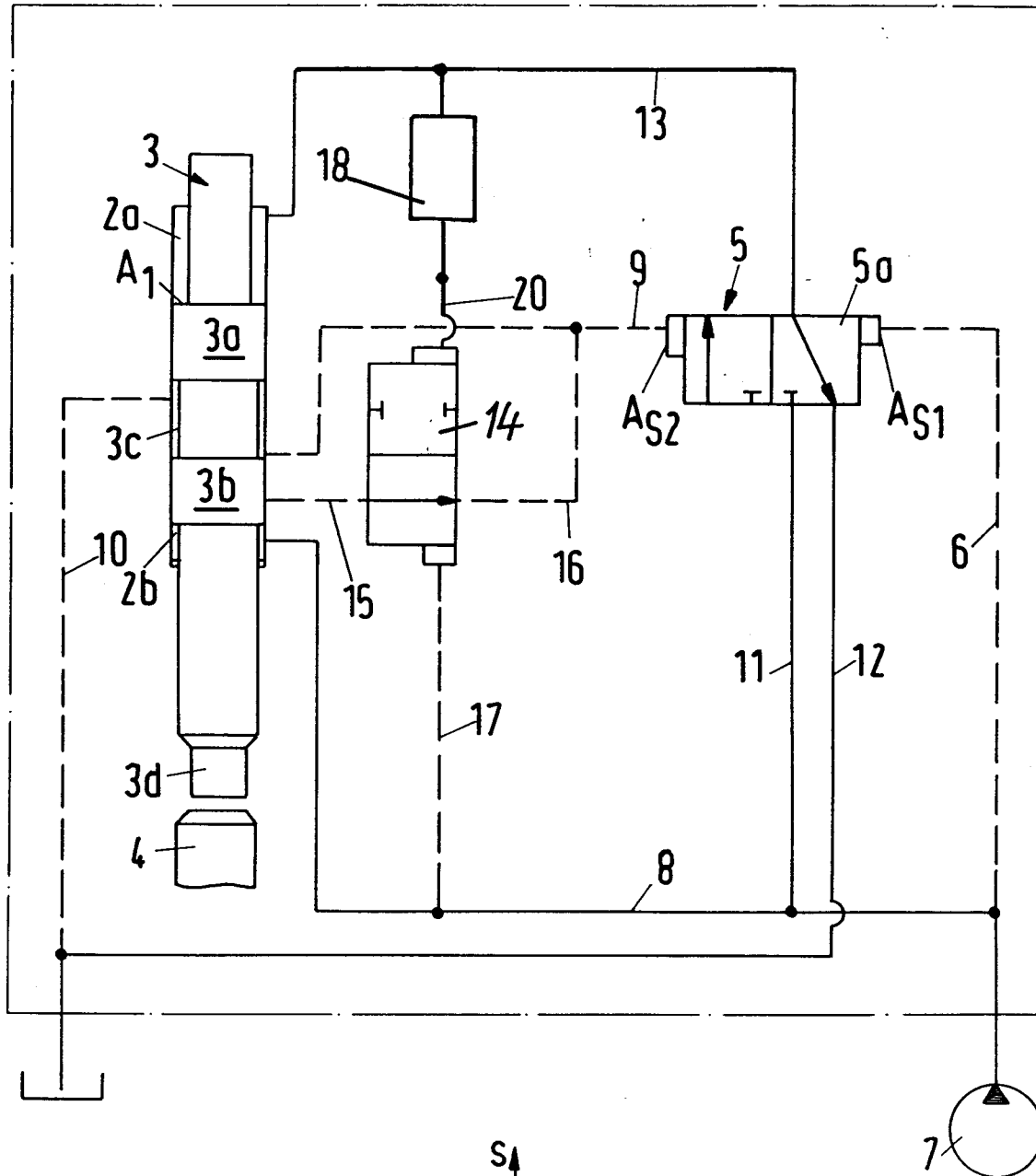


Fig. 6a

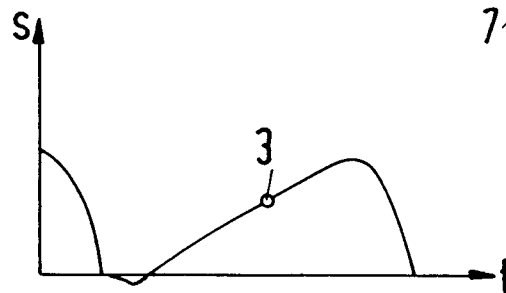


Fig.5b

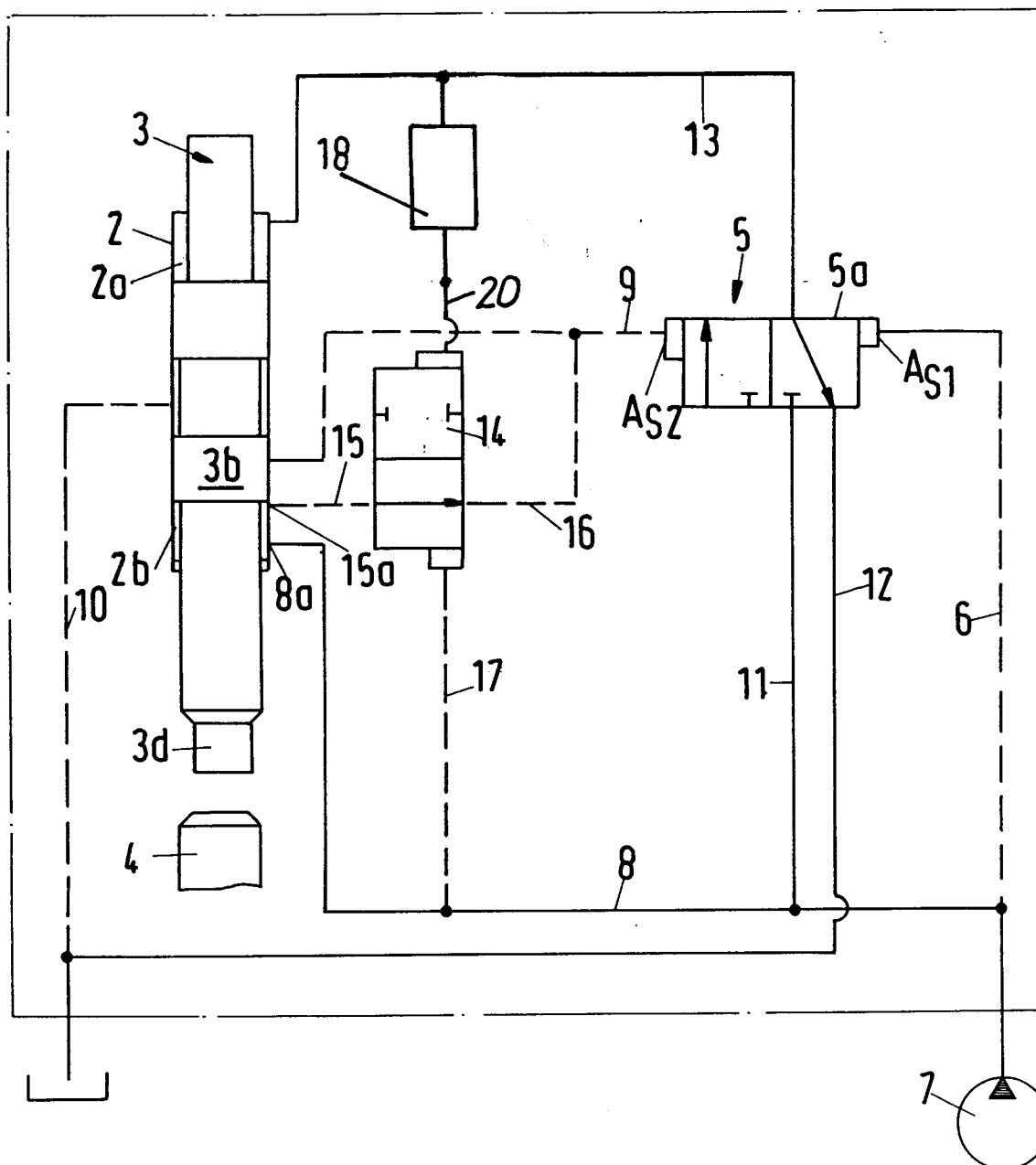


Fig. 6b

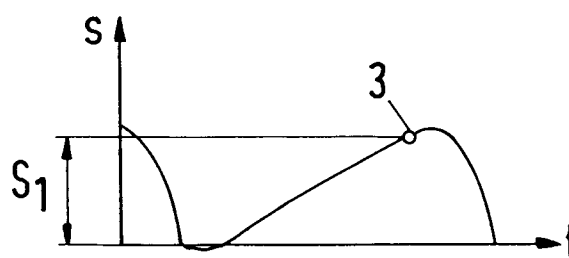


Fig.5c

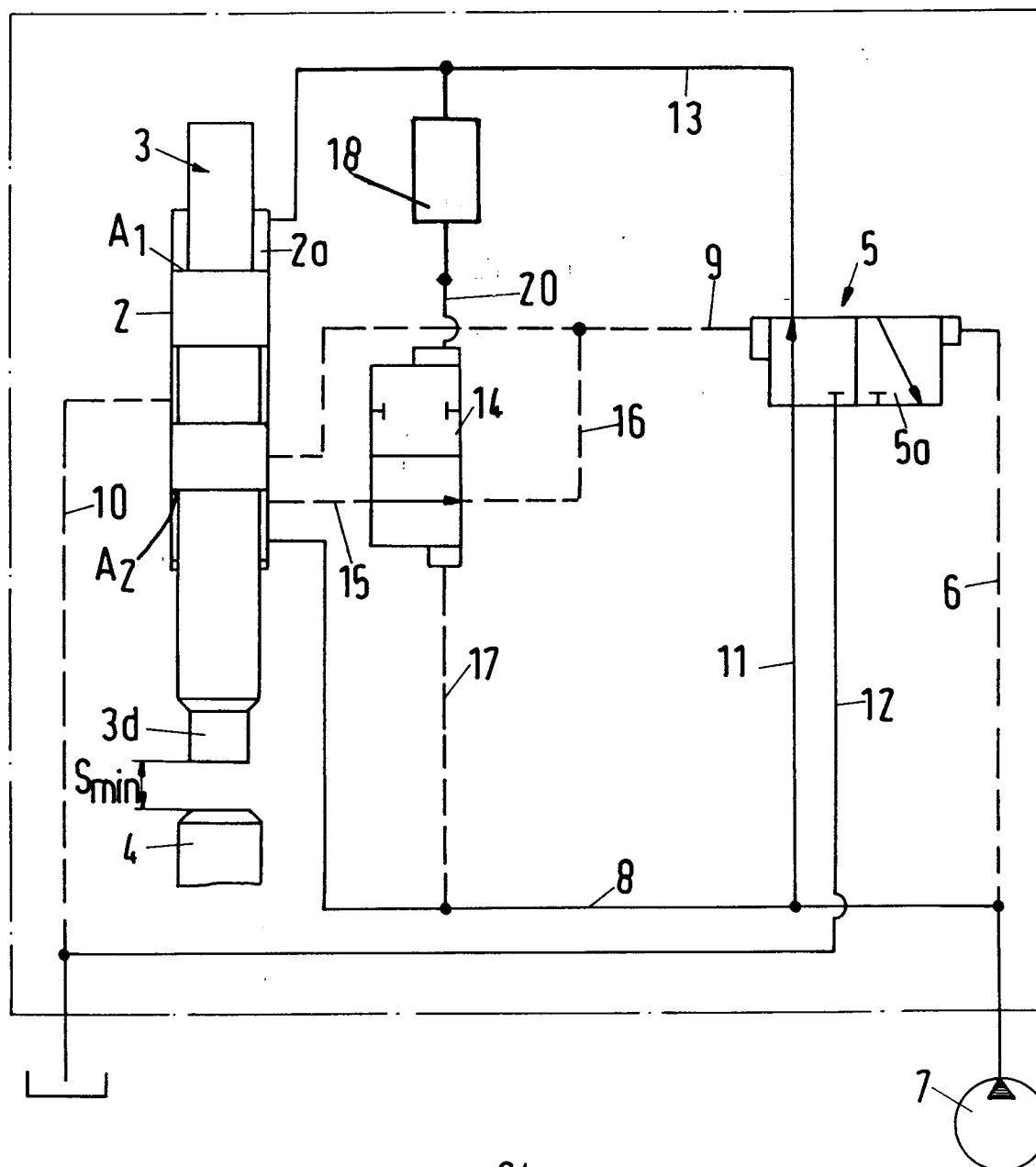


Fig.6c

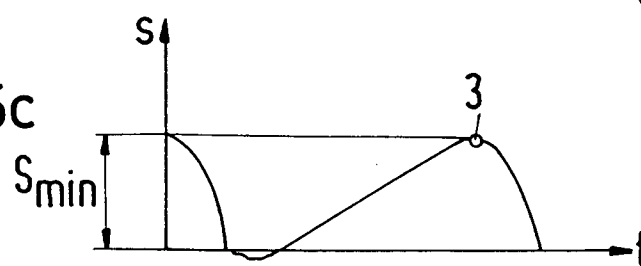


Fig.7

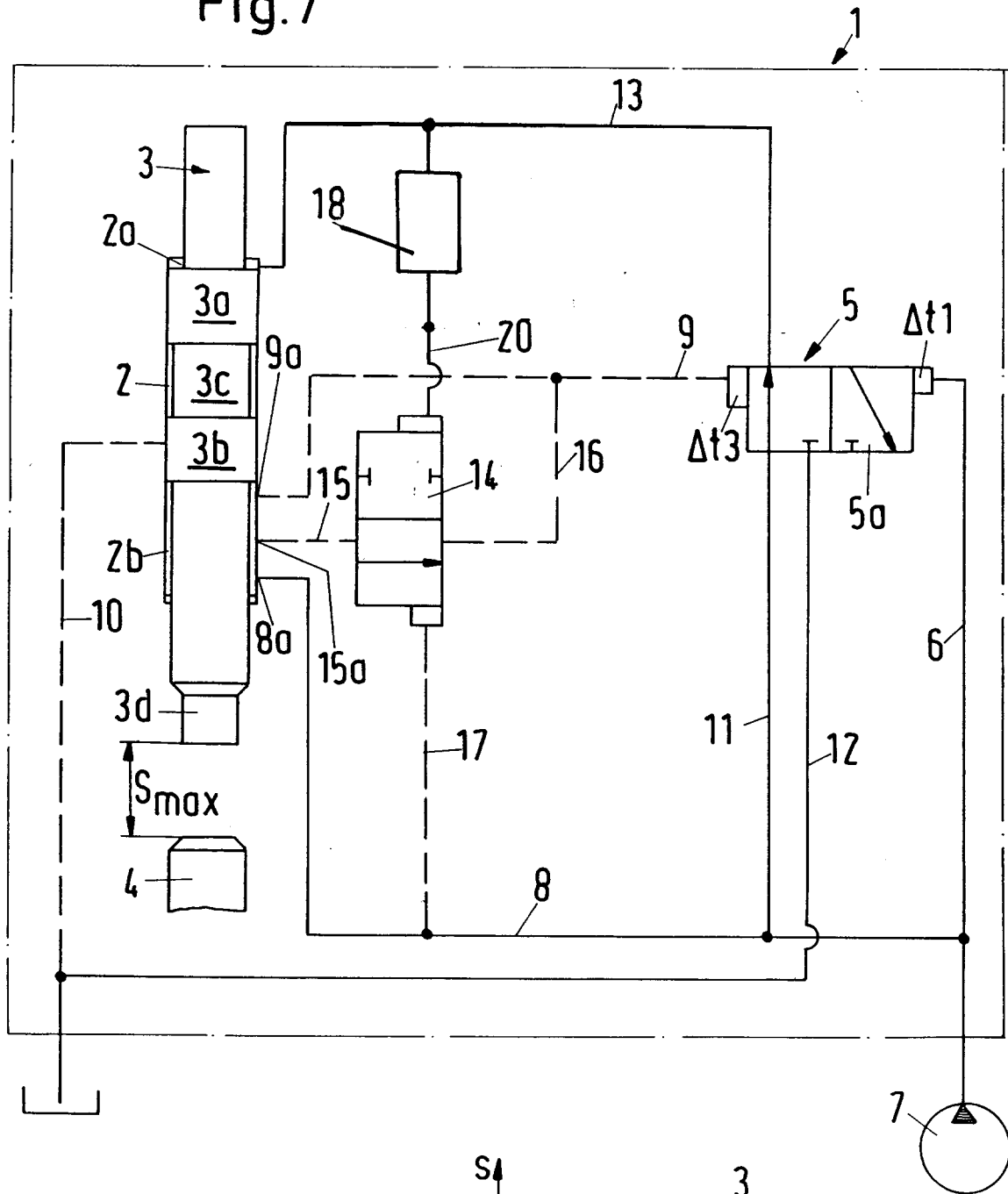


Fig.8

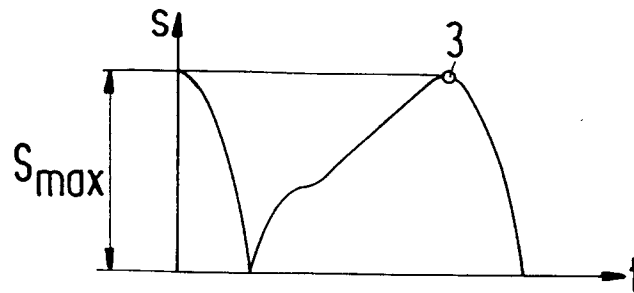


Fig.9

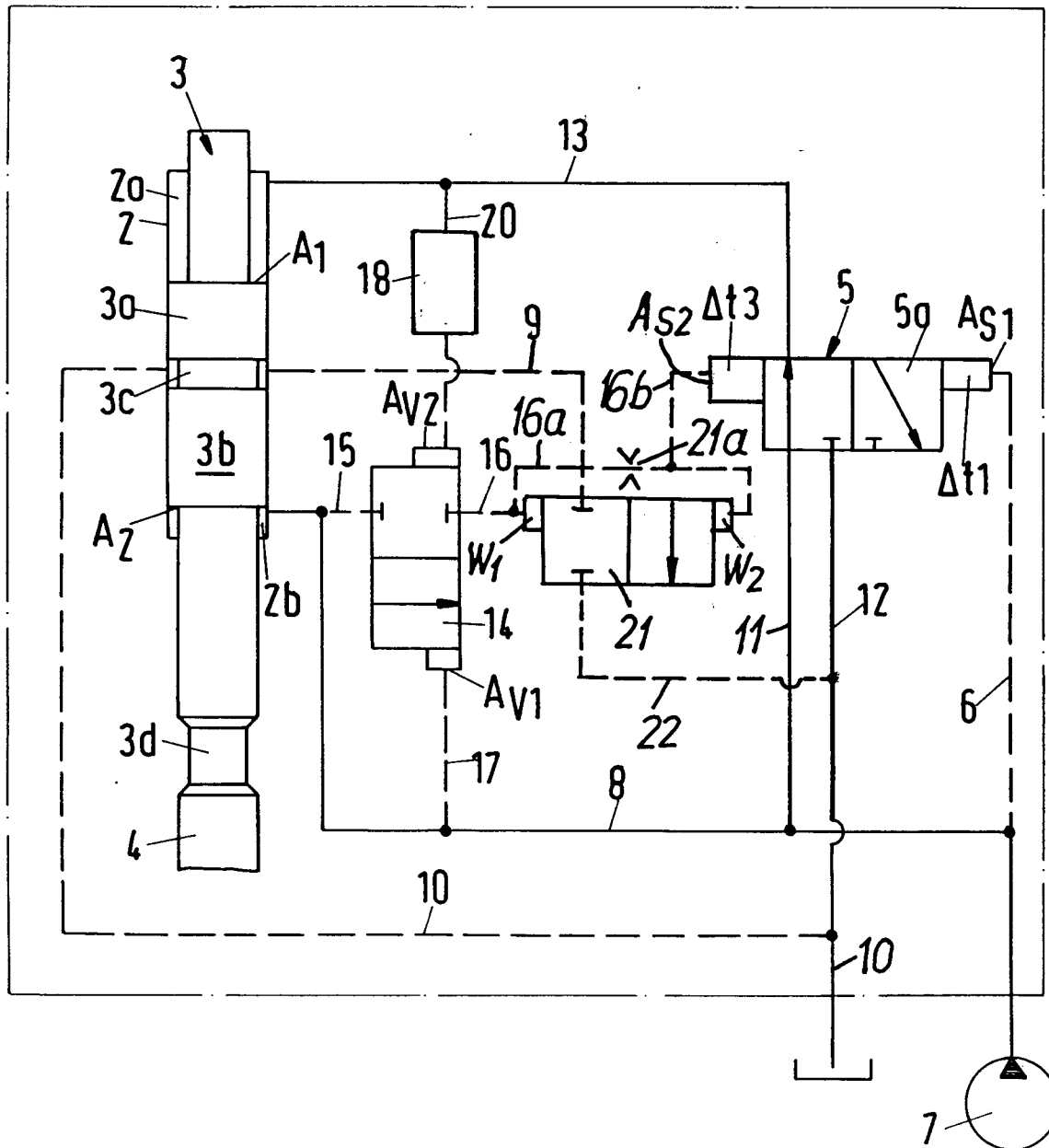


Fig.10

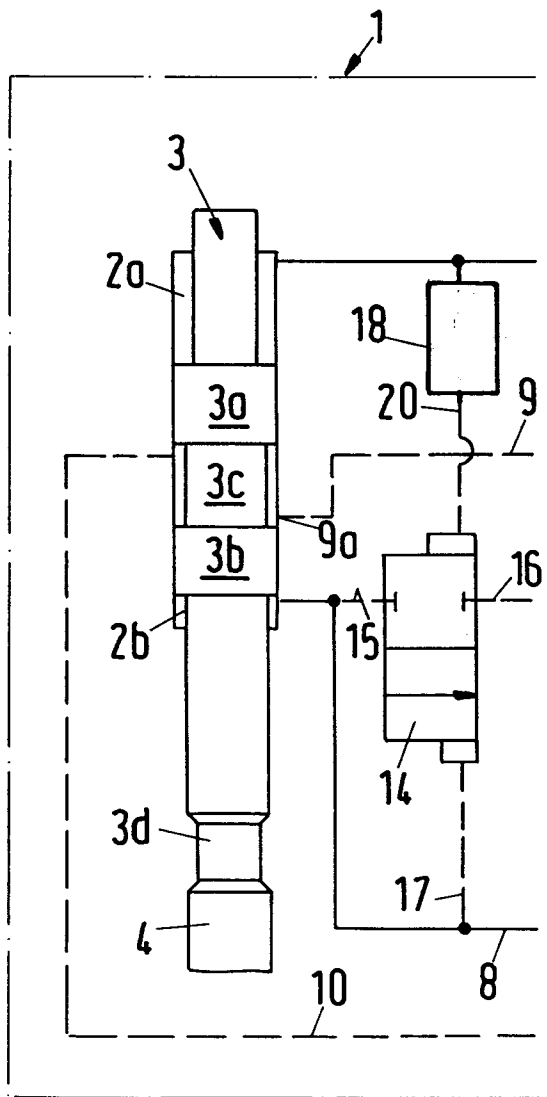


Fig.11

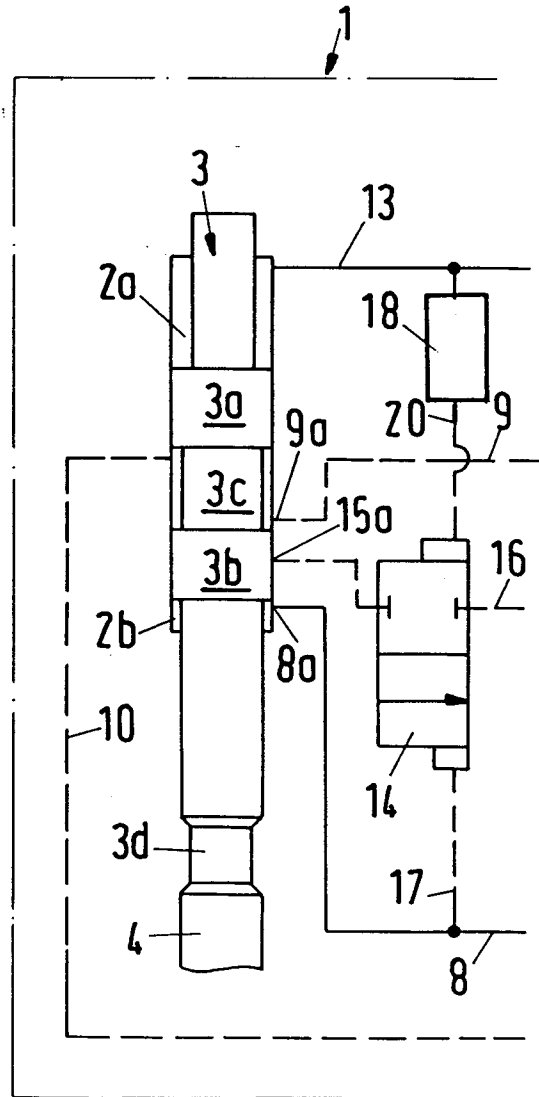


Fig.12a

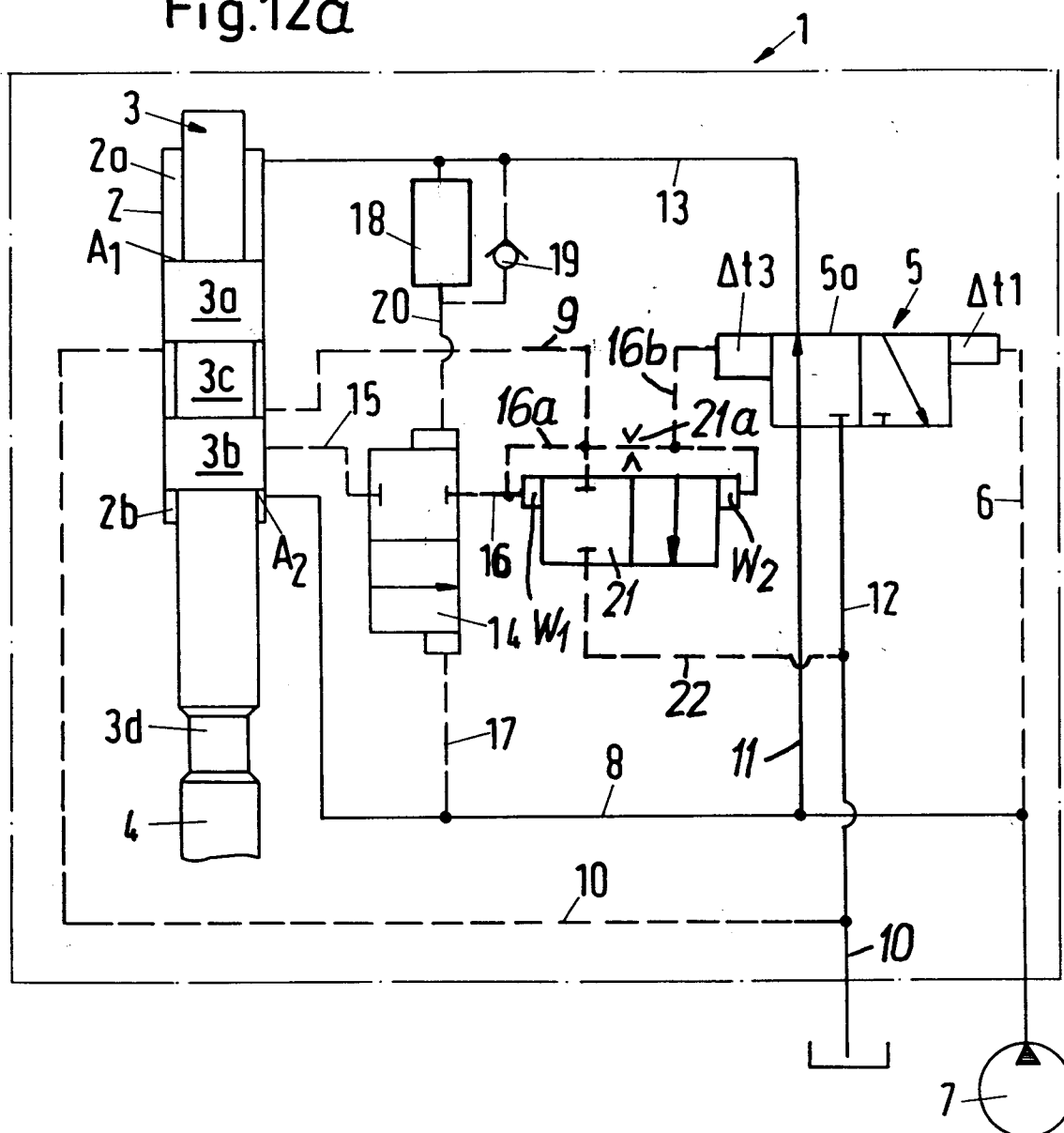


Fig.12b

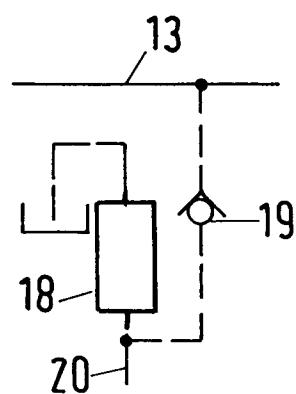


Fig. 13a

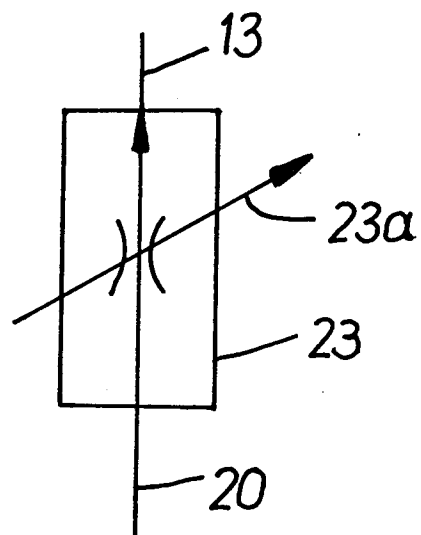


Fig. 13b

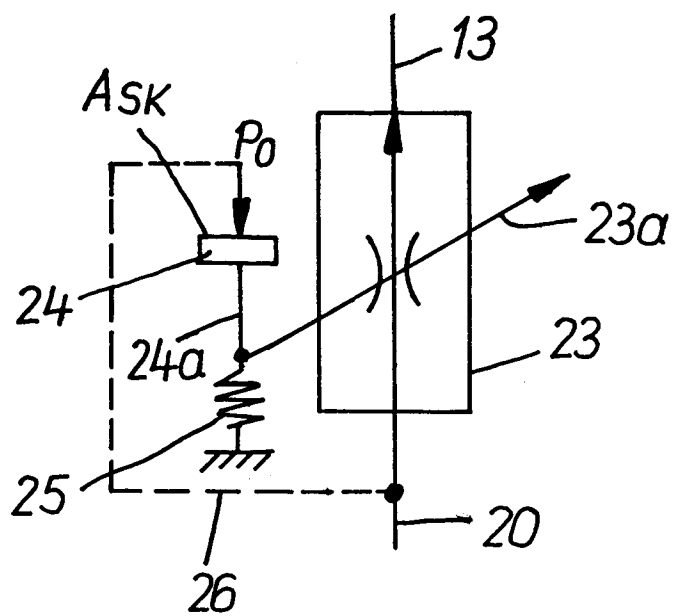


Fig.14

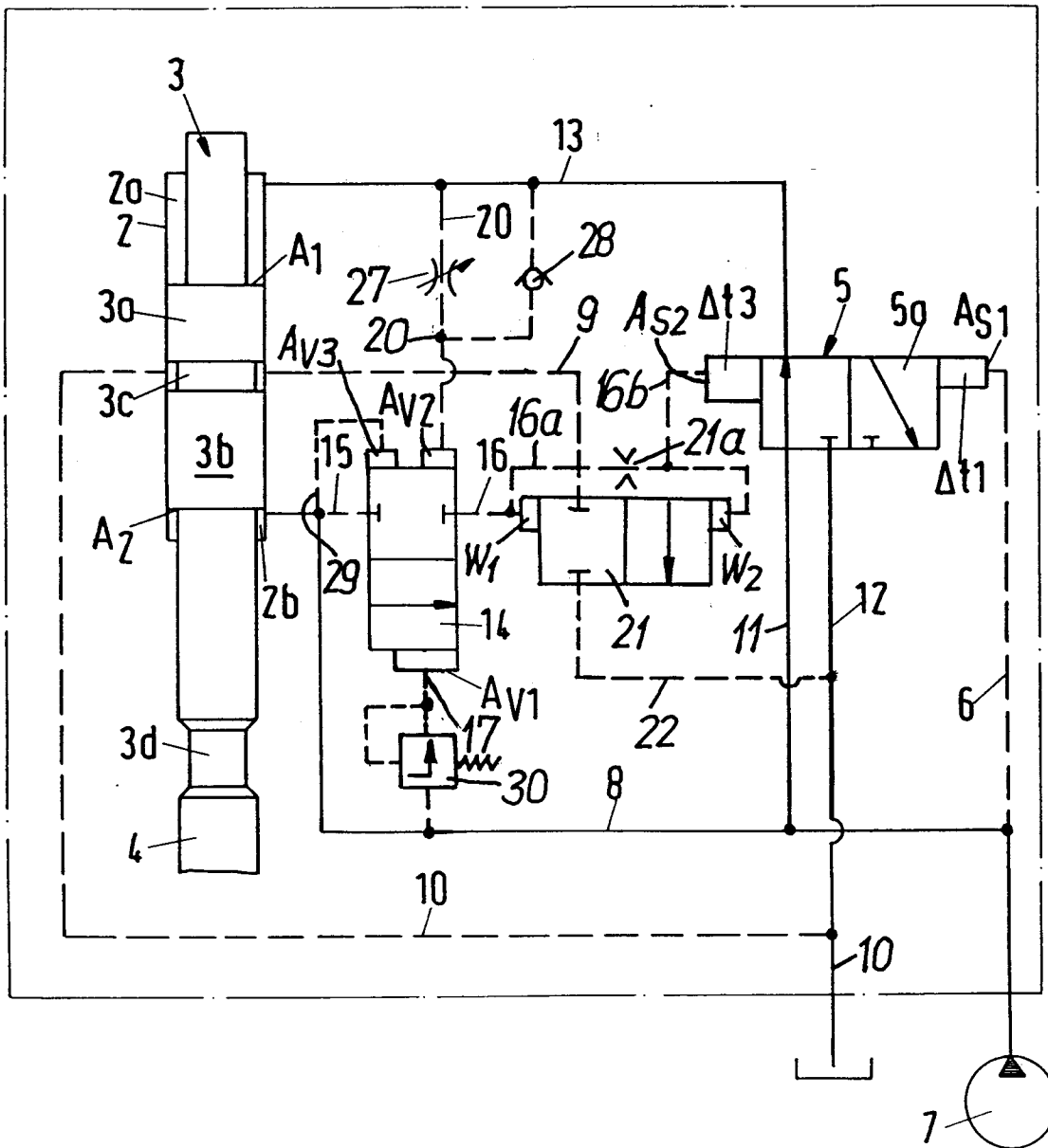


Fig. 15

