



12

②¹ Anmeldenummer: 93114029.7

⑤¹ Int. Cl.⁵: **G05D 7/06**

②② Anmeldetag: 02.09.93

③ Priorität: 08.09.92 DE 4229950

④3 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.03.94 Patentblatt 94/11

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR IT LI NL

71 Anmelder: **Hemscheidt Maschinentechnik
Schwerin GmbH & Co.
Postfach 04 02 52,
Werkstrasse 2
D-19026 Schwerin(DE)**

72 Erfinder: **Brandt, Matthias**

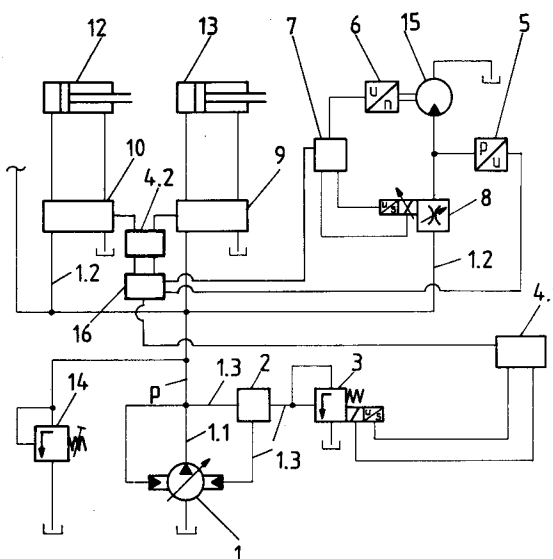
Gartenweg 13
D-19077 Sülstorf(DE)
Erfinder: **Wegmann, Roland, Dr.-Ing.**
Steinstrasse 28
D-19053 Schwerin(DE)
Erfinder: **Grimm, Oliver**
Zum Bahnhof 10
D-19055 Schwerin(DE)

74 Vertreter: **Garberding, Manfred**
Hemscheidt Maschinentechnik Schwering
GmbH & Co.
Postfach 04 02 52
D-19026 Schwerin (DE)

54 Verfahren und Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher.

⑤7) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, mit Hilfe einer Ansteuerelektronik für die Verstellpumpe eine selbständig hydraulisch geregelte Anpassung des Förderstromes der Verstellpumpe in Abhängigkeit vom Volumenstrom der unterschiedlichen hydraulischen Verbraucher bei konstant gesteuertem Pumpendruck, vorzunehmen. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, daß nach Eingabe der verschiedenen Druckwerte in die Eingabeeinheit (16) für die einzelnen parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher (12, 13, 15), die Ansteuerelektronik (4.1) für die Verstellpumpe (1) aus den Druckwerten den höchsten Betriebsdruck ermittelt. Das so vorgegebene Druckniveau wird an das Proportionaldruckbegrenzungsventil (3) mit einem definiert vorgegebenen größeren Wert signalisiert. Durch die hydraulische Druckregeleinheit (2) wird dann über die Verstellpumpe (1) der hydraulische Druckbedarf gesichert.

Figur 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen, die über die Verstellpumpe mit Druckmittel versorgt werden. Der Druck des Hauptförderstroms wird wie üblich von einem Anlagensicherheitsventil begrenzt. Die Parameter für die jeweiligen Verbraucher werden durch eine Eingabeeinheit, die mit einer Ansteuerelektronik und entsprechender Ventiltechnik verknüpft ist, vorgegeben. Die Verstellpumpe ist durch eine hydraulische Druckregleinheit hinsichtlich des Volumenstromes und des Pumpendruckes einstellbar. Durch ein Proportionaldruckbegrenzungsventil, das von einer Ansteuerelektronik angesteuert wird, ist der Einstellpunkt der hydraulischen Druckregleinheit veränderbar.

Aus der DEOS 3 943 357 ist eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung mit einer Ansteuerelektronik für die Magnetspulen von Stellgliedern eines hydraulischen Kreislaufer mit mehreren Verbrauchern bekannt. Die Regelung der Stellglieder für die Verbraucher erfolgt in Verbindung mit der Regelung der Verstellpumpe für den Förderstrom. Verfahrenstechnisch geschieht das so, daß die elektronische Steuerung erst dann wirksam wird, wenn durch einen erhöhten Leistungsbedarf der angeschlossenen Verbraucher die Pumpenfördermenge zur Bedarfsdeckung nicht mehr ausreicht. Um den Pumpenförderstrom dem jeweiligen Bedarf anzupassen bzw. um den maximalen Grenzwert des möglichen Förderstromes nicht zu überschreiten, wird der Förderstrom mit Hilfe der Stellglieder bzw. durch die Regelpumpe dosiert. Dazu besitzen die Stellglieder entsprechende Signaleinrichtungen (Signalaufnehmer und Signalgeber), die als Eingangssignal in die elektronische Steuerung gehen. Das bedeutet, daß erst nachdem der Leistungsbedarf der angeschlossenen hydraulischen Verbraucher durch den eingestellten Förderstrom der Verstellpumpe über- oder unterschritten wurde, eine Regelung der jeweiligen Parameter über die Ansteuerelektronik erfolgt. Das hat den Nachteil, daß bei hoher Maschinendynamik und wechselnden Betriebsdrücken die Verbraucher Geschwindigkeitsveränderungen erfahren, bedingt durch Zu- oder Abschaltvorgänge.

Diese indifferenten Geschwindigkeitsveränderungen haben nicht nur negative Auswirkungen auf den gleichmäßigen Ablauf einzelner Funktionsinhalte der hydraulischen Verbraucher, sondern beeinträchtigen somit auch die Reproduzierbarkeit des Maschinenzyklus und die Qualität des zu be- oder verarbeitenden Produktes. Dieser Nachteil macht sich besonders bei hoher Maschinendynamik und großer Entfernung der Pumpe zum Verbraucher

bemerkbar. Bei Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen, wie z. B. bei einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverarbeitung, ist die Einhaltung der verfahrenstechnisch vorgegebenen Parameter des Maschinenzyklus jedoch zwingend erforderlich. So können z. B. Drehzahlschwankungen der Plastifizierschnecke, die durch Umschalt- oder Nachregelungsvorgänge hervorgerufen werden, nachteilige Auswirkungen auf das Einzugsverhalten des Kunststoffmaterials, die Plastifizierleistung und die Qualität des Endproduktes haben, die nicht hinnehmbar sind. Eine derartige Lösung ist daher für die Steuerung und Regelung des Spritzgießprozesses bei der Kunststoffverarbeitung ungeeignet.

Ferner ist aus dem Stand der Technik ein sogenanntes "load sensing" Verfahren bekannt, bei dem eine rein hydraulische Steuerung und Regelung des Volumenstromes und des Pumpendruckes erfolgt. Ein solches Verfahren ist jedoch nur zur Steuerung und Regelung von langsamen Bewegungsvorgängen, wie sie z. B. in mobilen Anlagen auftreten, geeignet. Für schnelle und dynamische Bewegungsvorgänge, wie sie in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen ablaufen, ist eine derartige Steuerung und Regelung zu träge und damit nicht sinnvoll.

Ziel der Erfindung ist es, den Steuerungs- und Regelungsaufwand von parallel geschalteten hydraulischen Verbrauchern ökonomisch kostengünstiger und in technischer Hinsicht mit einem geringeren Aufwand an hydraulischen Steuerelementen funktionssicherer zu gestalten. Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung von mehreren parallel geschalteten hydraulischen Verbrauchern in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen zu entwickeln, um mit Hilfe einer Ansteuerelektronik für die Verstellpumpe, eine selbständig hydraulisch geregelte Anpassung des Förderstromes der Verstellpumpe in Abhängigkeit vom Volumenstrom der unterschiedlichen hydraulischen Verbraucher bei konstant gesteuertem Pumpendruck, vorzunehmen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß nach Eingabe der verschiedenen Druckwerte in eine Eingabeeinheit für die einzelnen parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher die Ansteuerelektronik für die Verstellpumpe aus den Druckwerten den jeweils höchsten Betriebsdruck von gleichzeitig betriebenen Verbrauchern ermittelt. Von der Ansteuerelektronik der Verstellpumpe wird dieses vorgegebene Druckniveau an ein Proportionaldruckbegrenzungsventil mit einem definiert vorgegebenen größeren Wert signalisiert, wodurch über eine hydraulische Druckregleinheit in Verbindung mit der Verstellpumpe der notwendige hydraulische Druckbedarf gedeckt und der Förderstrombedarf gesichert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht verschiedene Ausführungsvarianten zur Steuerung und Regelung von parallel geschalteten unterschiedlichen hydraulischen Verbrauchern. So kann für einen ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher, der vergleichsweise einen sehr hohen durchschnittlichen Energiebedarf hat, durch eine Druckregelung mittels eines Druckaufnehmers eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes zum Eingabewert der zugehörigen Eingabeeinheit vorgenommen werden. Diese Druckregelung erfolgt immer dann, wenn die Eingabewerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher niedriger sind als der aktuelle Druckwert.

Gemäß der Erfindung ist es auch möglich, daß der Ansteuerelektronik der Verstellpumpe ein Differenzdruck vorgegeben wird. Das sich aus dem Differenzdruck ableitende Ansteuersignal für den vorgegebenen Pumpendruck wird durch die Ansteuerelektronik als Summe aus dem Differenzdruck plus dem höchsten vorgegebenen Verbraucherdruck durch die Eingabeeinheit bestimmt.

Eine andere Ausführungsvariante der Erfindung besteht darin, daß die Eingabeeinheit die Eingabewerte über eine vorgegebene Entscheidungstabelle erhält und innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls der Pumpendruck über die Ansteuerelektronik der Verstellpumpe, das Proportionaldruckbegrenzungsventil und die Druckregleinheit auf einen konstanten Drucksollwert vorgegeben werden. In einem zweiten Zeitintervall mit schwankenden Druckistwerten wird über einen Druckaufnehmer am ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher der Pumpendruck über die Ansteuerelektronik, das Proportionaldruckbegrenzungsventil und die Druckregleinheit auf einen Drucksollwert angepaßt.

Schließlich kann gemäß der Erfindung bei einem sich zyklisch wiederholenden verfahrenstechnischen Funktionsablauf bei einer Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine bei jedem ersten Zyklus der maximale Betriebsdruck als Pumpendruck für die Verstellpumpe vorgegeben werden. Der tatsächliche Druckverlauf, der sich aus den jeweiligen Maschinenfunktionen ergibt, wird über vorzugebende Druck- und Zeitangaben als Hüllkurve durch die Ansteuerelektronik der Verstellpumpe ermittelt. Im nächstfolgenden Be- oder Verarbeitungszyklus wird aufgrund der Ähnlichkeit der ablaufenden Prozesse nach dieser vorgegebenen Hüllkurve der Pumpendruck gesteuert.

Gleichzeitig wird zum vorhergehenden Zyklus ein Soll-/Istvergleich durchgeführt, durch den eine Korrektur der Hüllkurve erfolgt.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Schaltungsanordnung vorgeschlagen, die vorsieht, daß das Proportionaldruckbegrenzungsventil über die Ansteuerelektronik der

Verstellpumpe mit der Eingabeeinheit verbunden ist und ein verfahrenstechnisch bedeutender Verbraucher über den Druckaufnehmer mit der Eingabeeinheit verbunden ist.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen bestehen darin, daß der Ausrüstungsbedarf für den hydraulischen Kreislauf durch die Einsparung von Ventiltechnik und Steuerungselementen erheblich reduziert wird, was zu größeren Kosteneinsparungen führt. Ferner wird der energetische Wirkungsgrad der hydraulischen Anlage durch die erfindungsgemäße Druckregelung wesentlich verbessert, da die parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher durch die neue Steuerung und Regelung auf einem niedrigeren Druckniveau betrieben werden können und für die Zuschaltung von leistungsstarken Verbrauchern keine besonderen Leistungsreserven erforderlich sind, solange die Förderstromanforderung \leq der bereitgestellten Menge ist.

Die Erfindung soll nachstehend in allgemeinen Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen ist dargestellt

Fig. 1 Hydraulische Schaltung für die Verbraucher einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverarbeitung

Fig. 2 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit mit Druckvorgabe aus einer Sollwertbestimmung für drei parallel geschaltete Verbraucher

Fig. 3 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit mit sechs parallel geschalteten Verbrauchern, wovon einer ein verfahrenstechnisch ausgewählter Verbraucher ist.

Fig. 4 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit für drei parallel geschaltete Verbraucher, die durch Differenzdruck geregelt werden.

Fig. 5 Diagramm zum Druckverlauf für drei parallel geschaltete Verbraucher, bei denen innerhalb der Zykluszeit die Druckwertvorgabe nach einer Entscheidungstabelle erfolgt.

Fig. 6 Diagramm zum Druckverlauf für vier parallel geschaltete Verbraucher über zwei Zeitzyklen und einer Druckwertvorgabe nach einem Soll-Ist-Vergleich

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher soll zunächst am Beispiel für die verschiedenen Verbraucher einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverar-

beutung betrachtet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch problemlos auf andere Verarbeitungsmaschinen oder Werkzeugmaschinen übertragbar, wo parallel betriebene Verbraucher mit unterschiedlichem Leistungsbedarf mit Druckmittel versorgt werden müssen. In der in Figur 1 dargestellten hydraulischen Schaltung werden von einer druckgeregelten Verstellpumpe 1 aus die Verbraucher Schließeinheit 12, Spritzeinheit 13 und der Plastizierantrieb 15 über eine Förderleitung 1.1 und parallele Leitungszweige 1.2 mit Druckmittel bei einem konstanten Systemdruck versorgt.

Der Druck p in der Förderleitung 1.1 wird durch ein parallel geschaltetes Anlagensicherheitsventil 14 begrenzt. Die Verbraucher Schließeinheit 12 und Spritzeinheit 13 werden über entsprechend vorgeschaltete Ventiltechnik 9 und 10, die als Proportionalsteuerventile bzw. Servo- oder Proportionalregelventile ausgeführt sein können, angesteuert. Die Leistungsparameter für die Verbraucher 12 und 13 werden über eine Eingabeeinheit 16, die mit der Ventiltechnik 9 und 10 und einer Ansteuer-elektronik 4.2 verknüpft ist, vorgegeben.

Entsprechend dem Leistungsbedarf der einzelnen parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher ist die Verstellpumpe 1, durch eine hydraulische Druckregелеinheit 2 in einem parallelen Leitungszweig 1.3, verstellbar. Über ein im Leitungszweig 1.3 nachgeschaltetes Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 ist der Einstellpunkt der hydraulischen Druckregелеinheit 2 veränderbar. Dieser veränderliche Einstellpunkt bestimmt den Zeitpunkt, bei welchem vorgegebenen Druckwert die Verstellpumpe 1 selbständig einschwenken soll.

Das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 ist mit einer Ansteuer-elektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 verknüpft und durch diese ansteuerbar. Die Eingabeeinheit 16 erhält von einem Druckaufnehmer 5, der mit dem parallelen Leitungszweig 1.2 für den Plastizierantrieb 15 verbunden ist, den Druckistwert. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Plastizierantrieb 15 als ausgewählter verfahrenstechnischer Verbraucher betrachtet und gesondert gesteuert und geregelt.

Dazu befindet sich im parallelen Leitungszweig 1.2 vor dem Plastizierantrieb 15 ein Proportional-drosselventil 8. Der Druckaufnehmer 5 ist über das Proportionaldrosselventil 8, eine Ansteuer-elektronik 7 und einen Tachogenerator 6 mit dem ausgewählten Verbraucher Plastizierantrieb 15 elektrisch so verknüpft, daß die Drehzahl des Plastizierantriebes 15 auf einem beliebig vorwählbaren Wert konstant gehalten werden kann. Die Ansteuer-elektronik 7 erhält dazu den Drehzahl-Sollwert über eine elektrische Leitungsverbindung aus der Eingabeeinheit 16. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers für parallel geschaltete unterschiedliche hy-

draulische Verbraucher besteht die Absicht, die Summe aller Teilströme zu den einzelnen Verbrauchern so zu wählen, daß bei parallel ablaufenden Maschinenfunktionen der Gesamtförderstrom der Verstellpumpe 1 nicht erreicht wird und dadurch das Druckniveau beliebig hoch vorwählbar ist. Das geschieht erfindungsgemäß dadurch, daß nach Eingabe der verschiedenen Druckwerte für die einzelnen Verbraucher 12, 13 und 15 durch die Ansteuer-elektronik 4.1 aus den einzelnen Druckwerten der jeweils höchste Betriebsdruck ermittelt wird. Durch die Ansteuer-elektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 wird danach dieses erfaßte Druckniveau an das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3, mit einem definiert vorgegebenen größeren Wert, weitergeleitet. Im Ergebnis kann nun über die hydraulische Druckregелеinheit 2 der hydraulische Druckbedarf für die Verstellpumpe 1 gesichert werden. Das bedeutet praktisch, daß das einmal gewählte Anlagendruckniveau immer konstant ist. Bei einem konstanten Druck p paßt sich die Verstellpumpe 1 automatisch dem jeweils notwendigen Druckmittelbedarf an. Die Entscheidung, wieviel Verbraucher mit welchen Parametern betrieben werden dürfen, ist in der Software der Spritzgießmaschine gelöst. Erfolgen keine gleichzeitigen Maschinenfunktionen, entscheidet die Software über die Anpassung des tatsächlich beim Plastizieren auftretenden Hydraulikdruckes am Druckaufnehmer 5, welches Druckniveau das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 einnehmen soll, um damit die Verstellpumpe 1 im erforderlichen Teillastbereich betreiben zu können. Wird z. B. die Maschinenfunktion Plastizieren in der Kühlzeit (Standzeit der übrigen Verbraucher) nicht abgeschlossen, so ist ein ganz bestimmter Ablauf notwendig, der vor Ablauf der Kühlzeit z. B. 2 Sekunden vorher, den Anlagendruck am Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 auf den Maximalwert verstellt, damit die volle Leistungsbereitschaft, entsprechend der vorgewählten Eingabewerte der Eingabeeinheit, für die wieder neu hinzukommenden Verbraucher der Spritzgießmaschine gewährleistet ist. Die Drehzahl der Verstellpumpe 1 wird nicht nur über die Regelung mittels Tachogenerator 6 und Proportionaldrosselventil 8 konstant gehalten, sondern gleichzeitig erfolgt eine drucküberlagerte Förderstromregelung über den Druckaufnehmer 5 in Verbindung mit dem Proportionaldrosselventil 8. Der erforderliche Druck mit dem Teilförderstrom, der sich je nach Bedarf ergibt, wird durch die Verstellpumpe 1 über die Leitungen 1.1 und 1.2 bereitgestellt.

In den folgenden Figuren 2 bis 6 ist in Diagrammen der Druckverlauf p auf der y-Achse und die Zykluszeit t auf der x-Achse für eine unterschiedliche Anzahl von parallel geschalteten Verbrauchern, die mit a, b, c, d, e und f bezeichnet sind, für eine Be- oder Verarbeitungsmaschine mit

unterschiedlichen Leistungsparametern dargestellt. Bei der Erläuterung dieser Figuren wird jeweils Bezug auf die in Figur 1 dargestellte Schaltungsanordnung mit den drei parallel geschalteten Verbrauchern 12, 13 und 15 genommen, die sinngemäß für die Verbraucher a, b, c, d, e und f in den Figuren 2 bis 6 Gültigkeit hat. Im Diagramm in Figur 2 sind drei Verbraucher a, b und c erkennbar, die mit unterschiedlichen Druckwerten betrieben werden. Die erforderlichen Druckwerte für diese Verbraucher werden in die Eingabeeinheit 16 (Fig. 1) eingegeben. Durch die Ansteuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 wird dann der höchste Betriebsdruck bzw. Solldruck p_{Sol} ermittelt und an das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 mit einem definierten größeren Wert unterhalb des maximalen Anlagendruckes p_{max} vorgegeben. Aus der Figur 2 ist ferner erkennbar, daß der Verbraucher b bei Einschaltbeginn noch parallel mit dem Verbraucher a über eine gewisse Zeit, danach alleine und schließlich mit dem Verbraucher c parallel betrieben wird, der als Verbraucher den Zyklus alleine beendet. Mit Hilfe der hydraulischen Druckregeleneinheit 2 wird während dieser Zykluszeit über die Verstellpumpe 1 der erforderliche Volumenstrom und Druckbedarf gesichert. Diese Ausführungsform erfordert den geringsten Softwareaufwand bei der Realisierung der Erfindung.

Aus Figur 3 ist in analoger Weise für sechs Verbraucher a, b, c, d, e, und f der Druckverlauf während eines Zyklusses ersichtlich. Der Verbraucher d ist der Verbraucher, der einen Großteil der Zykluszeit für sich beansprucht. Aus der unterschiedlichen Flächendarstellung der einzelnen Verbraucher, die sich in bestimmten Zeitbereichen überlappen, ist erkennbar, welche Verbraucher zu welcher Zeit des Zyklusses parallel betrieben werden. Auf der Zeitachse t ist die Leistungsaufnahme des Verbrauchers d durch den Zeitabschnitt t_1 bis t_2 gekennzeichnet. Für den Verbraucher d, der eine besondere verfahrenstechnische Priorität besitzt, erfolgt erfindungsgemäß eine gesonderte Regelung mit Hilfe des Druckaufnehmers 5. Dabei wird durch die Eingabeeinheit 16 eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes vorgenommen.

Die Druckregelung erfolgt immer dann, wenn die Eingabewerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher c und e niedriger sind als der aktuelle Druckwert ist. Im Diagramm ist der geregelte Druckwert p_{reg} als Kurve im Zeitabschnitt von t_1 bis t_2 erkennbar, die unterhalb des als Gerade dargestellten Solldruckes p_{Sol} verläuft. Im Vergleich zur Ausführungsform nach Figur 2 bietet diese Variante den Vorteil, daß über Zeitabschnitte des Gesamtzyklusses eine Energieeinsparung durch den angepassten Regeldruck p_{reg} möglich ist.

Eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist aus Figur 4 ersichtlich. Die Steue-

5 rung und Regelung der Verstellpumpe 1 erfolgt für drei parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher a, b und c, wovon die Verbraucher a und b zeitweilig gemeinsam betrieben werden.

Erfindungsgemäß wird der Ansteuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe ein Differenzdruck p_{Diff} , z. B. von 10 bar vorgegeben, der sich nach dem vorgewählten Druck p_{Sol} durch die Eingabeeinheit 16 bestimmt. Aus dem Differenzdruck wird ein Ansteuersignal für den vorgegebenen Pumpendruck abgeleitet. Durch die Ansteuerelektronik 4.1 wird dieses Ansteuersignal als Summe aus dem Differenzdruck plus dem höchsten Verbraucherdruck durch die Eingabeeinheit 16 bestimmt und damit der Mindestdruckbedarf gesichert. Die Ausführungsvariante in Figur 4 ermöglicht durch den Differenzdruck p_{Diff} eine energetisch optimalere Anpassung als der in Figur 2 dargestellte Eingabedruckwert p_{Sol} .

In Figur 5 ist eine analoge Ausführungsvariante gemäß Figur 4 mit drei Verbrauchern für eine verfahrenstechnische Steuerung und Regelung veranschaulicht, bei der die Vorgabe des Solldruckwertes p_{Sol} nach einer Entscheidungstabelle erfolgt. Dazu wird von der Ansteuerelektronik 4.1 aus den Eingabewerten der Eingabeeinheit 16 und/oder den Druckistwerten mindestens eines Druckaufnehmers 5 eine Entscheidung getroffen. Die Entscheidung wird in Abhängigkeit von der Priorität der momentanen Funktion nach einer vorgegebenen Entscheidungstabelle gefällt. Dadurch ist es möglich, daß der Pumpendruck p über das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 und die Druckregeleneinheit 2 vorgebar ist. Diese Anpassung ermöglicht eine verbesserte ökonomische Betriebsweise gegenüber den bisher beschriebenen Varianten.

Aus Figur 6 ist eine Steuerungs- und Regelungsvariante der Erfindung entnehmbar, die aus technischer Sicht den höchsten Komfort aufweist. Am Beispiel von vier parallel geschalteten unterschiedlichen hydraulischen Verbrauchern a, b, c und d ist ein sich zyklisch wiederholender verfahrenstechnischer Funktionsablauf in einer Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine in zwei Arbeitszyklen dargestellt. Aus der graphischen Darstellung ist der unterschiedliche Leistungsbedarf der einzelnen Verbraucher a, b, c und d und der zeitweilige parallele Betrieb der Verbraucher a und b sowie c und d ersichtlich. In jedem ersten Zyklus, der in Figur 6 im linken Bild dargestellt ist, wird der maximale Betriebsdruck p_{max} als Pumpendruck vorgegeben. Der tatsächliche Druckverlauf wird dann über vorzugebende Druck- und Zeitangaben als Hüllkurve durch die Ansteuerelektronik 4 ermittelt. Im nächstfolgenden Zyklus, der rechts in Figur 6 dargestellt ist, wird aufgrund der Ähnlichkeit der sich wiederholenden Be- oder Verarbeitungspro-

zesse nach der ermittelten Hüllkurve der Pumpendruck gesteuert. Dabei findet zum vorhergehenden Zyklus ein Soll/Istvergleich statt, durch den eine Korrektur der Hüllkurve vorgenommen wird. Das ist ein ständig sich selbstoptimierender Prozeß für jeden sich wiederholenden Zyklus. Die in den Figuren 5 und 6 dargestellten Ausführungsformen sind zwei Möglichkeiten für einen energieökonomisch gleichwertigen Verfahrensablauf. Auf der Grundlage der verfahrenstechnisch erläuterten Ausführungsvarianten der Erfindung ist erkennbar, daß es möglich ist, ohne die Verwendung von zusätzlicher Ventiltechnik, z. B. angeordnet in einem Ventilblock (Pumpenblock), die von der druckgeregelten hydraulischen Verstellpumpe erzeugte Antriebsleistung auf einem sich ständig veränderndem Druckniveau bereitzustellen, wodurch eine erhebliche Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades erreicht wird.

Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

1	- Verstellpumpe	
1.1	- Förderleitung	
1.2	- Leitungszweig	
1.3	- Leitungszweig	
2	- Druckregleinheit	
3	- Proportionaldruckbegrenzungsventil	
4.1	- Ansteuerelektronik für Verstellpumpe	
4.2	- Ansteuerelektronik für die Verbraucher	
5	- Druckaufnehmer	
6	- Tachogenerator	
7	- Ansteuerelektronik für Proportionaldrosselventil	
8	- Proportionaldrosselventil	
9	- Ventiltechnik	
10	- Ventiltechnik	
11	-	
12	- Verbraucher Schließeinheit	
13	- Verbraucher Spritzeinheit	
14	- Anlagensicherheitsventil	
15	- Verbraucher Plastizierantrieb	
16	- Eingabeeinheit	
p	- Förderdruck in bar	
p _{max}	- maximaler Anlagendruck	
p _{Diff}	- Differenzdruck	
p _{Soll}	- vorgewählter Druck der Eingabeeinheit	
p _{Ent.}	- vorgewählter Druck nach Entscheidungstabelle	
p _{reg.}	- geregelter Druck	
t	- Zeitachse	
a	- Verbraucher	
b	- Verbraucher	
c	- Verbraucher	
d	- Verbraucher	
e	- Verbraucher	
f	- Verbraucher	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers beispielsweise einer Verstellpumpe für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen, die von der Verstellpumpe mit Druckmittel versorgt werden, wobei der Druck des Hauptförderstromes über ein Anlagensicherheitsventil begrenzt wird und die Parameter für die Verbraucher durch eine Eingabeeinheit, die mit einer Ansteuerelektronik und entsprechender Ventiltechnik verknüpft ist, vorgegeben werden, die Verstellpumpe durch eine hydraulische Druckregleinheit bezüglich des Volumenstromes und des Pumpendruckes einstellbar ist, ein Proportionaldruckbegrenzungsventil den Einstellpunkt der hydraulischen Druckregleinheit verändert, das Proportionaldruckbegrenzungsventil durch eine Ansteuerelektronik angesteuert wird und die Ansteuerelektronik den aktuellen Wert, sowohl über die Sollwerte der Eingabeeinheit als auch über den aktuellen Wert eines Druckaufnehmers erhält, der zwischen einem Proportionaldrosselventil und einem verfahrenstechnisch ausgewählten Verbraucher angeordnet ist, der über das Proportionaldrosselventil eine zugehörige Ansteuerelektronik und einen Tachogenerator die Drehzahl des ausgewählten Verbrauchers auf einen beliebig vorwählbaren Wert konstant hält, dadurch gekennzeichnet, daß nach Eingabe der verschiedenen Druckwerte in die Eingabeeinheit (16) für die einzelnen parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher (12, 13, 15) die Ansteuerelektronik (4.1) für die Verstellpumpe (1) aus den Druckwerten den jeweils höchsten Betriebsdruck ermittelt und die Ansteuerelektronik (4.1) dieses vorgegebene Druckniveau an das Proportionaldruckbegrenzungsventil (3) mit einem definiert vorgegebenen größeren Wert signalisiert, so daß die hydraulische Druckregleinheit (2) über die Verstellpumpe (1) den hydraulischen Druckbedarf sichert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem für einen ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher (15) mit durchschnittlich hohem Energiebedarf eine Regelung mittels Druckaufnehmer (5) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes zum Eingabewert der Eingabeeinheit (16) vorgenommen wird und diese Druckregelung immer dann geschieht, wenn die Eingabewerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher niedriger sind als der aktuelle Druckwert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerelektronik (4.1) für die Verstellpumpe (1) ein Differenzdruck vorgegeben wird und das sich daraus ableitende Ansteuersignal für den zu steuernden Pumpendruck durch die Ansteuerelektronik (4.1) als Summe aus Differenzdruck plus höchstem vorgegebenen Verbraucherdruck, durch die Eingabeeinheit (16) bestimmt wird.

5
- 10

 4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingabeeinheit (16) die Eingabewerte über eine vorgegebene Entscheidungstabelle erhält und innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls der Pumpendruck (p) über die Ansteuerelektronik (4.1) für die Verstellpumpe (1) das Proportionaldruckbegrenzungsventil (3) und die Druckregeleinheit (2) auf einen konstanten Drucksollwert (p_{Soll}) vorgegeben werden und in einem zweiten Zeitintervall mit schwankenden Druckistwerten über einen Druckaufnehmer (5) am ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher (15) der Pumpendruck über die Ansteuerelektronik (4.1), das Proportionaldruckbegrenzungsventil (3) und die Druckregeleinheit (2) auf einen Drucksollwert angepaßt wird.

15
20
25
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4 mit sich zyklisch wiederholendem verfahrenstechnischen Funktionsablauf in der Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß bei jedem ersten Zyklus der maximale Betriebsdruck als Pumpendruck für die Verstellpumpe (1) vorgegeben wird und der tatsächliche Druckverlauf über vorzugebende Druck- und Zeitzugaben als Hüllkurve durch die Ansteuerelektronik (4.1) ermittelt wird und im nächstfolgenden Zyklus aufgrund der Ähnlichkeit der Prozesse nach dieser Hüllkurve der Pumpendruck gesteuert wird und zum vorhergehenden Zyklus ein Soll-/Istvergleich stattfindet, durch den eine Korrektur der Hüllkurve erfolgt.

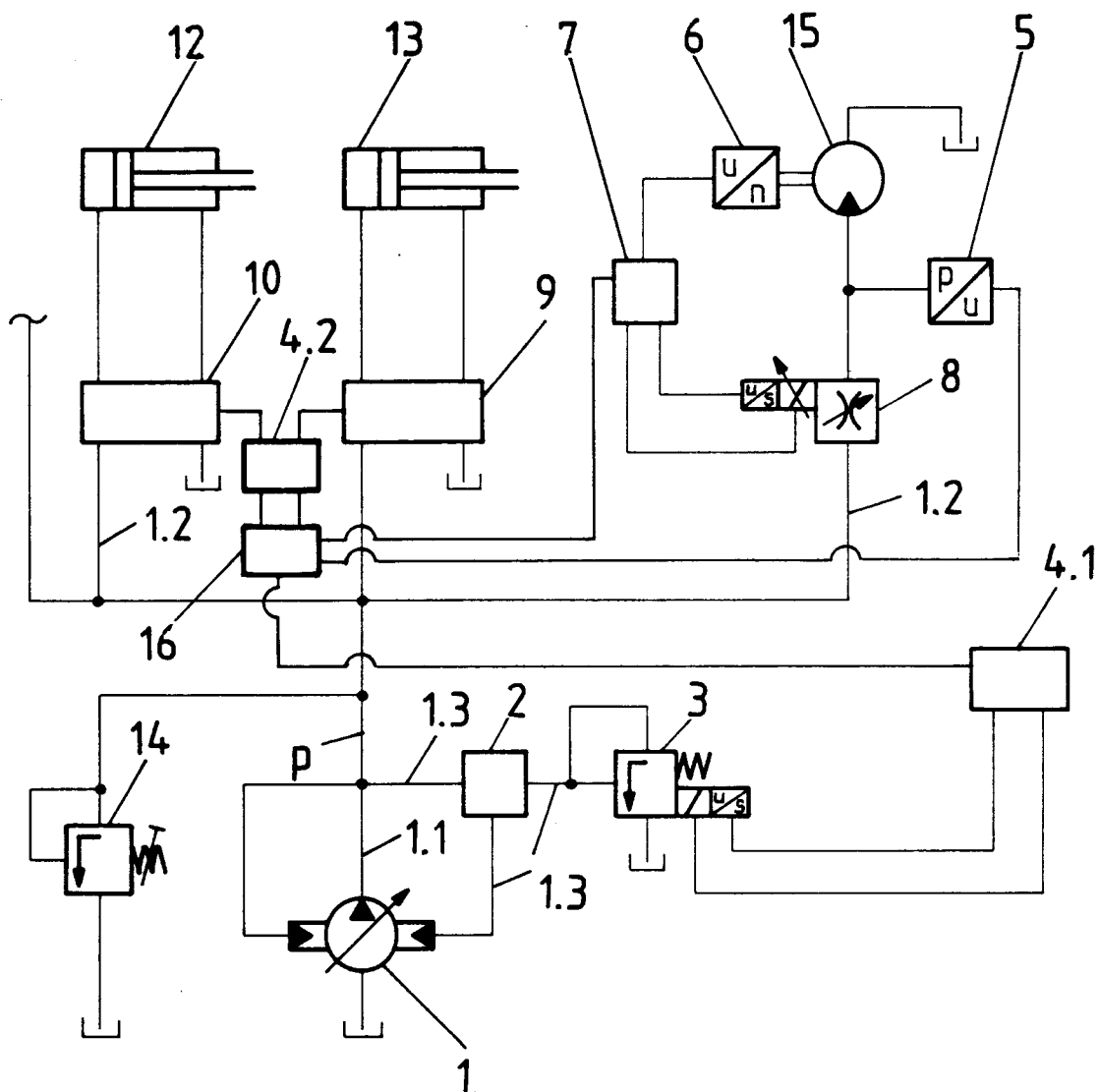
30
35
40
- 45

 6. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Proportionaldruckbegrenzungsventil (3) über die Ansteuerelektronik (4.1) mit der Eingabeeinheit (16) verbunden ist und ein verfahrenstechnisch bedeutender Verbraucher (15) über den Druckaufnehmer (5) mit der Eingabeeinheit (16) verbunden ist.

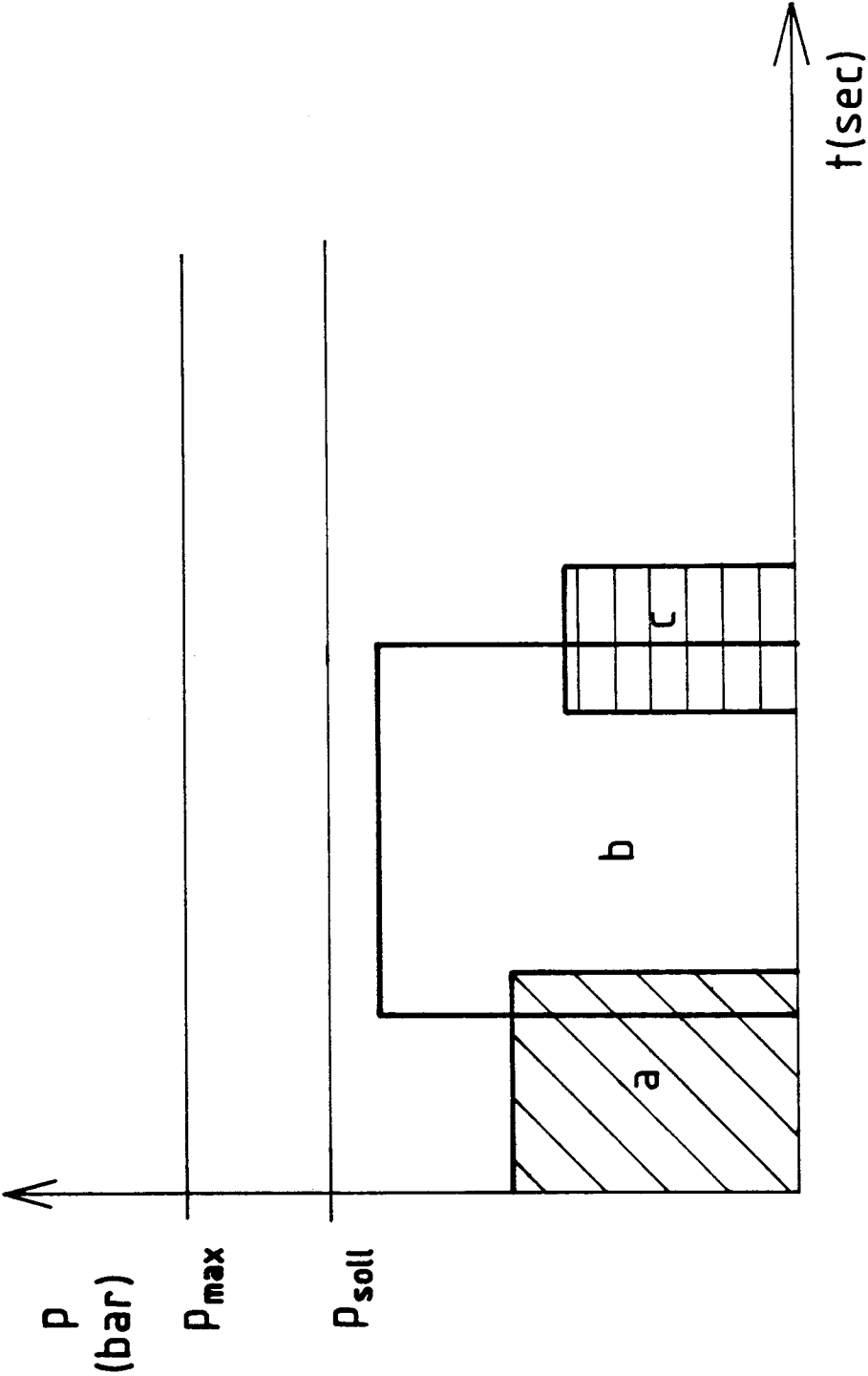
50

55

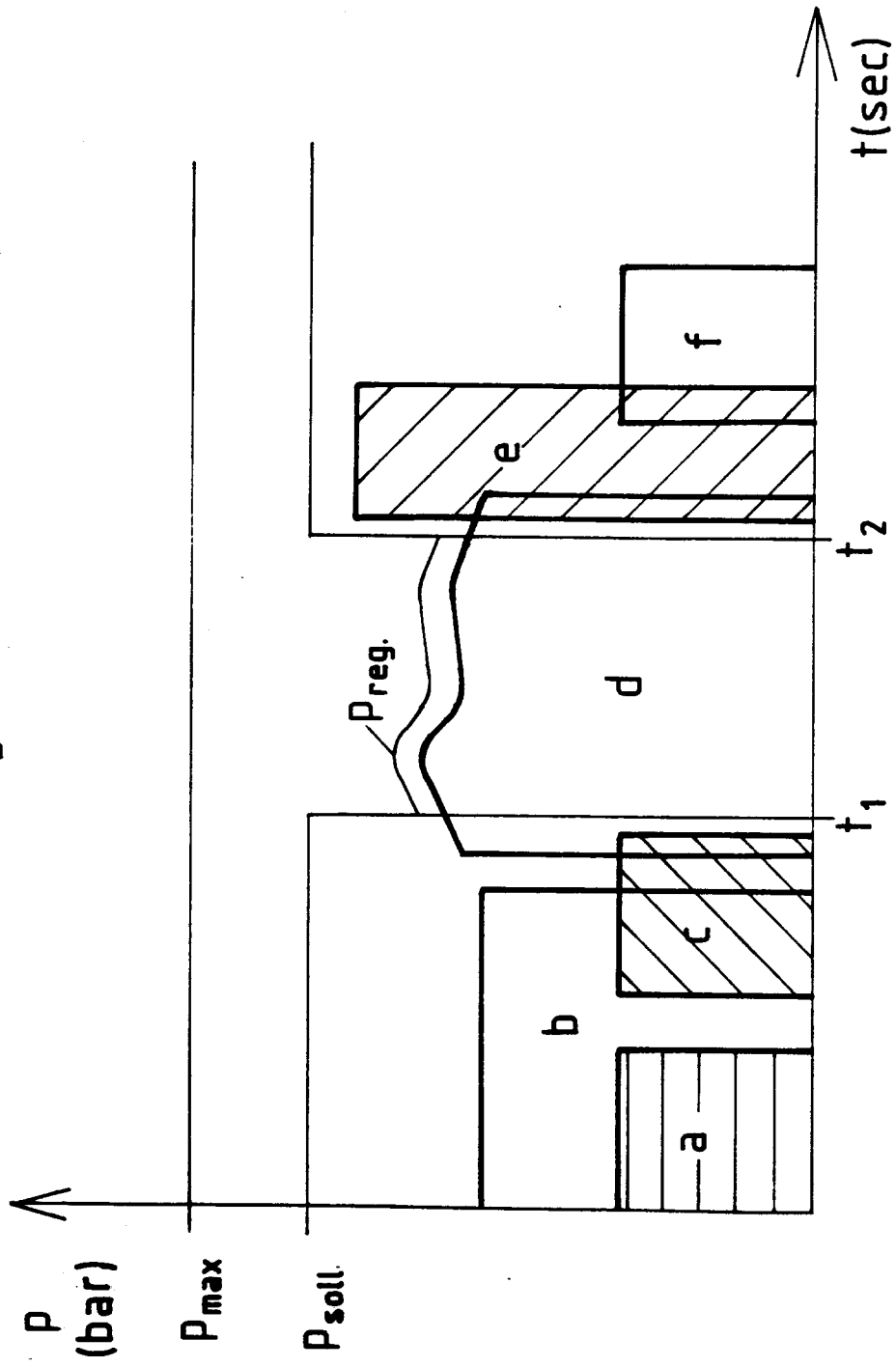
Figur 1



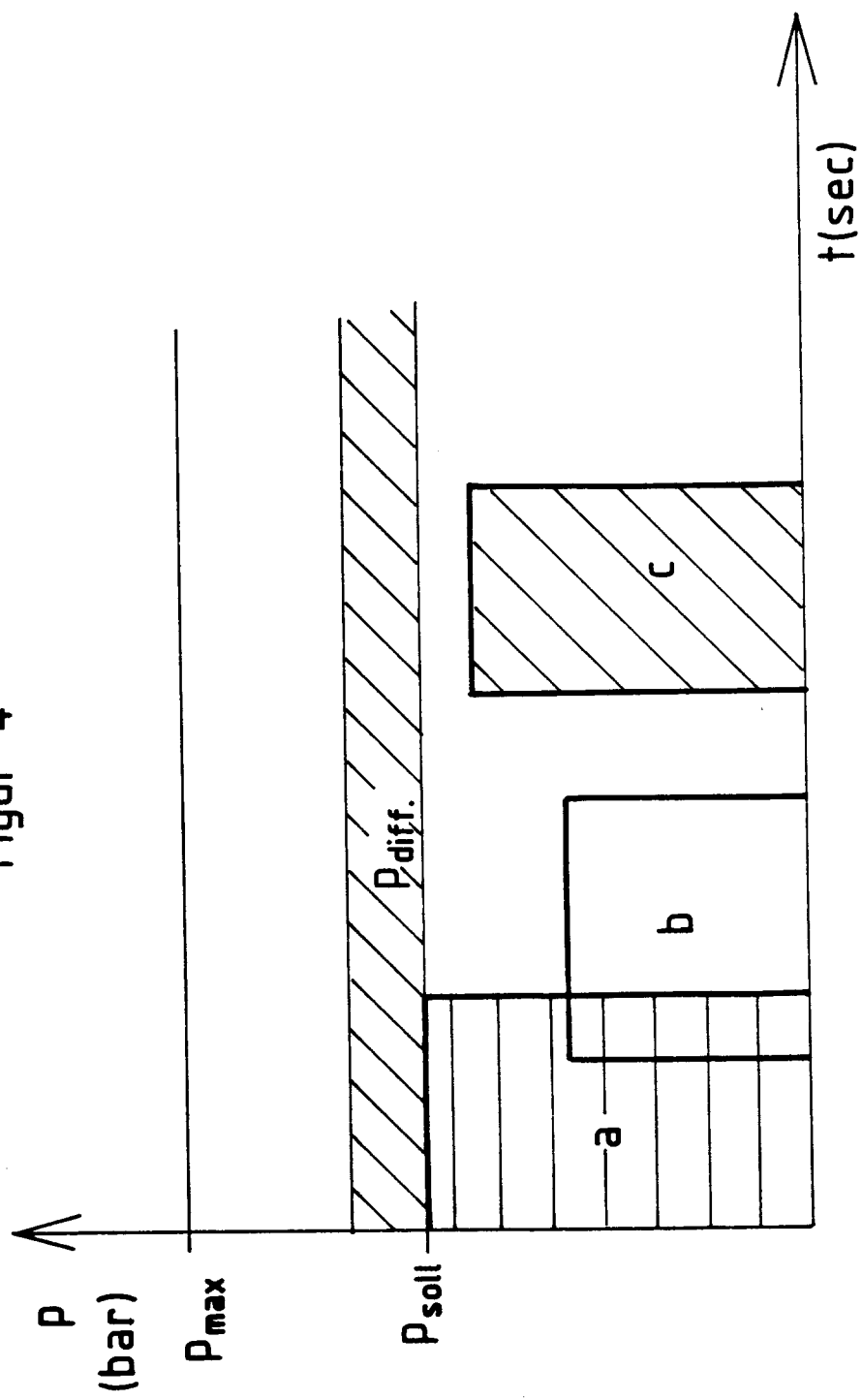
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

