

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 872 446 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.10.1998 Patentblatt 1998/43

(51) Int. Cl.⁶: B66F 9/22

(21) Anmeldenummer: 98107020.4

(22) Anmeldetag: 17.04.1998

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

(72) Erfinder: Schulze, Eckehart
71287 Weissach (DE)

(74) Vertreter:
Lutz, Johannes Dieter, Dr. et al
Patentanwälte Wolf & Lutz
Hauptmannsreute 93
70193 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: 20.04.1997 DE 19716442

(71) Anmelder: Schulze, Eckehart
71287 Weissach (DE)

(54) Hydraulik-Installation an einem Gabelstapler-Fahrzeug

(57) Bei einem Gabelstapler-Fahrzeug mit einem hydraulischen Hub-Antrieb für die am Mast anhebbare und absenkable Hebebühne und einem hydraulischen Neigungs-Stellantrieb für den Mast ist der Hubantrieb als einfach-wirkender Hydrozylinder (11) ausgebildet ist. Ein Hub-Steuerventil (14), das eine dem Anhebungsbetrieb zugeordnete Funktionsstellung (I) hat eine dem Stillstand der Antriebszylinderkolbens (13) zugeordnete federzentrierte Mittelstellung als Grundstellung (0) und eine dem Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders zugeordnete Funktionsstellung (II) ist so ausgebildet, daß die Beträge der in den Funktionsstellungen I und II freigegebenen Strömungspfad-Querschnitte steuerbar einstellbar sind und zu den alternativen Auslenkungen eines Ventil-Haupt-Kolbens (14') proportional sind. Das Hub-Steuerventil (14) ist als 5/3-Wege-Ventil (14) ausgebildet, dessen Hauptkolben (14') mittels eines digital ansteuerbaren elektrischen Stellmotors (96) in seine den verschiedenen Funktionsstellungen (0, I und II) der Hub-Steuerventilanordnung (14) entsprechenden Positionen bewegbar ist. Zur Antriebskopplung des Stellmotors (96) und des Hauptkolbens (14') ist ein nicht-selbsthemmendes Getriebe vorgesehen. Ein Drucksensor (107) erzeugt für den Druck im Antriebsdruckraum (12) des Hub-Antriebszylinders (11) charakteristische elektrische Ausgangssignale, anhand derer die eine elektronischen Steuereinheit (103) eine selbsttätige Begrenzung des Aussteuerhubes des Hauptkolbens (14') auf einen Betrag vermittelt, dem ein lastgerecht-zulässiger Höchstwert der Bewegungsgeschwindigkeit der Hebebühne entspricht.

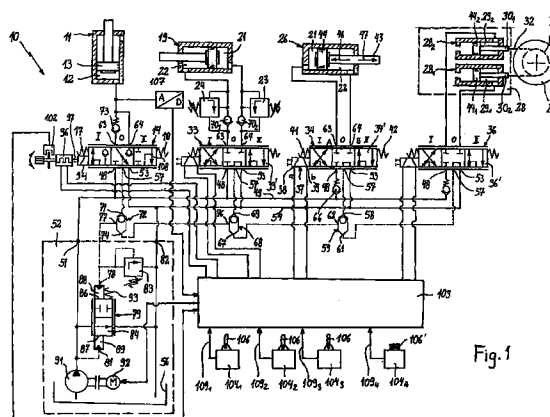


Fig. 1

EP 0 872 446 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Hydraulik-Installation an einem Gabelstapler-Fahrzeug mit einem hydraulischen Hub-Antrieb für eine Hebebühne, mit einem weiteren hydraulischen Antrieb als Neigungs-Stellantrieb sowie mit diesen Hydraulik-Antrieben einzeln zugeordneten Ventilanordnungen, mittels derer die für die verschiedenen Bewegungen der Hebebühne erforderlichen Betriebsdrücke und Druckmittel-Durchflusssmengen steuerbar sind, und mit den weiter im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 aufgeführten, gattungsbestimmenden Merkmalen.

Der Hubantrieb, mittels dessen Massen anhebbar und absenkbar sein müssen, die bis zu einigen t betragen können, ist als einfach-wirkender Hydrozylinder ausgebildet, dessen Hebe-Betrieb durch ventilsteuerten Druckmittel-Zustrom zum Antriebsdruckraum und dessen Absenkungsbetrieb durch ventilsteuerten Anfluß von Druckmittel aus dem Antriebsdruckraum des Hydrozylinders steuerbar ist. Die hierzu erforderliche Steuerventil-Anordnung umfaßt ein Hub-Steuerventil, über das Druckmittel vom Druckversorgungsaggregat in den Antriebsdruckraum des Hub-Antriebszylinders einspeisbar ist, sowie ein Absenkungs-Steuerventil, mittels dessen der Anstrom von Druckmittel aus dem Antriebsdruckraum des Hubantriebes und damit dessen Absenkungs-Betrieb steuerbar ist. Die beiden Ventile sind, ihrer Grundfunktion nach als 2/2-Wege-Proportional-Ventile ausgebildet, die eine sperrende Grundstellung haben und mit zunehmender Auslenkung ihrer Ventilkolben aus der Grundstellung Strömungspfade mit zunehmendem Strömungsquerschnitt freigeben, wobei zwischen den Verbraucheranschluß des Anhebungs-Steuerventils und den Antriebsdruckraum des Hubzylinders ein Rückschlagventil geschaltet ist, das durch relativ höheren Druck am Verbraucheranschluß als im Antriebsdruckraum durchgängig und sonst sperrend ist, und zwischen den Verbraucheranschluß des Absenkungs-Steuerventils und den Antriebsdruckraum des Hubantriebes ein entsperrendes Rückschlagventil geschaltet ist, das in der sperrenden Grundstellung des Absenkungs-Steuerventils sperrend ist und mit dessen Übergang in die Durchfluß-Stellung geschaltet wird.

In einer elektrisch ansteuerbaren Gestaltung dieser Steuerventile sind deren Ventilkörper mit den Ankern von Elektromagnet-Systemen bewegungsgekoppelt und bei deren Bestromung im wesentlichen proportional zum Erregerstrom gegen die Rückstellkraft von Ventiltfedern verschiebbar, die die Ventilkörper im stromlosen Zustand der Magnete in der Grundstellung der Ventile halten. Die Bestromung der Feldwicklungen erfolgt durch Ausgangsströme einer elektronischen Steuereinheit, die diese nach Maßgabe von Sollwert-Eingangssignalen erzeugt, die z.B. durch Handhebel- oder Drehknopf-Bestätigung eines Analog-Signalgebers durch einen Gabelstapler-Fahrer auslösbar sind, die der elektronischen Steuereinheit jedoch auch in

digitalem Format, z.B. bei Verwendung einer Funk-Fernsteuerung eingegeben werden können, und mittels dieser in die - analogen - Erregerströme für die Feldwicklungen der Steuermagnete umsetzbar sind.

Bei einer solchen Art der - elektrischen - Ansteuerung insbesondere des Absenkungs-Steuerventils darf dieses nicht zu weit aufgesteuert werden, um sicherzustellen, daß im Absenkungsbetrieb Grenzwerte der Beschleunigung und der maximalen Absenkungsgeschwindigkeit nicht überschritten werden, damit, auch wenn die abzusenkende Last groß ist, in jeder Situation noch ein genügender Bremsweg zur Verfügung steht um die Hebebühne sicher und ohne die Gefahr einer unerwünschten Schwingungsanregung zum Stillstand bringen zu können. In praxi wird dies dadurch erreicht, daß die elektronische Steuereinheit ein Aufsteuern des Absenkungs-Steuerventils nur bis zu einer maximalen Spaltweite des als Drossel wirkenden Absenkungs-Strömungspfad zulässt, mit der Folge, daß bei relativ kleinen Beträgen abzusenkender Lasten entsprechend niedrige Absenkungs-Geschwindigkeiten in Kauf genommen werden müssen, da der sich unter der wirksamen Last im Antriebsdruckraum des Hub-Antriebszylinders einstellende Druck zu niedrig ist, um die bei relativ höherer Last nutzbare Absenkungs-Geschwindigkeit erreichen zu können. Die nachteilige Folge hiervon ist, daß in zahlreichen Fällen der Absenkungs-Betrieb unnötig langsam erfolgt.

Problematisch bei der Verwendung von Ventilen, die mit Proportional-Magneten angesteuert werden, ist, daß diese nur relativ kleine Stellwege gegen relativ hohe Rückstellkräfte ermöglichen und auch verschmutzungsanfällig sind, wodurch im Ergebnis die Korrelation von Erreger-Stromstärke und Kolbenposition erheblichen Streuungen unterworfen sein kann, d.h. die Reproduzierbarkeit einer Kolbenposition durch die Vorgabe der Erreger-Stromstärke relativ schlecht ist. Zwar kann diesem Nachteil im Prinzip dadurch begegnet werden, daß die Kolbenposition mittels eines Weg-Meßsystems überwacht wird und die Erregerstromstärke so nachgeführt wird, daß die einzustellende Position auch erreicht wird, jedoch ist der diesbezügliche Aufwand sehr hoch und mit zusätzlicher Störanfälligkeit verknüpft.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Hydraulik-Installation der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß auch bei geringem Betrag einer abzusenkenden Last eine vergleichsweise hohe Absenkungsgeschwindigkeit nutzbar ist, und daß bei gleichwohl einfachem Aufbau der Hub-Steuerventilanordnung ein erhöhtes Maß an Genauigkeit der Einstellung der im Anhebungs- und Absenkungs-Betrieb wirksamen Strömungsquerschnitte gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Hiernach ist die Hub-Steuerventilanordnung als Mehr-Wege/3-Stellungs-Ventil ausgebildet, das einen

Hauptkolben hat, der mittels eines elektrischen Stellmotors in seine den verschiedenen Funktionsstellungen der Hub-Steuerventilanordnung entsprechende Positionen bewegbar ist, die durch formschlüssige Bewegungskopplung des Ventilkolbens mit der Abtriebswelle des Stellmotors in definierter Relation zu den auf eine Referenzposition bezogenen azimuthalen Stellungen des Rotors des Stellmotors stehen, wobei der Stellmotor als ein digital ansteuerbarer Motor ausgebildet ist, dessen Rotor eine in ein digitales Ansteuersignal, z.B. die Anzahl einer Folge von Steuerimpulsen, codierte azimuthale Position seiner Abtriebswelle - zwangsweise - erreicht. Hierdurch wird, selbstverständlich im Rahmen der Schrittweite, die durch die digitale Abstufung der Rotor-Positionen bedingt ist, jedoch sehr fein gewählt werden kann, ein hohes Maß an Genauigkeit und damit Reproduzierbarkeit der Ventil-Einstellungen erreicht. Des weiteren ist ein Drucksensor vorgesehen, der für den Druck im Antriebs-Druckraum des Hub-Antriebszylinders charakteristische elektrische Ausgangssignale erzeugt, die einer elektronischen Steuereinheit zugeleitet sind, die nach Maßgabe dieser druck- und damit auch last-charakteristischen Ausgangssignalen des Drucksensors eine selbsttätige Begrenzung des Aussteuerhubes des Hauptkolbens des Hubsteuerventils auf einen Betrag vermittelt, dem ein lastgerecht-zulässiger Höchstwert der Hub- und Absenkungsgeschwindigkeit der Hebebühne entspricht, unterhalb dessen jeweils ein dynamisch stabiler, im wesentlichen schwingungsfreier Betrieb der Hebebühne gewährleistet ist.

Eine für den Absenkungsbetrieb zweckmäßige Auslegung der elektronischen Steuereinheit kann darin bestehen, daß mit abnehmender Last eine Vergrößerung des Aussteuerbereiches des Ventilkolbens zugelassen wird, dahingehend, daß für alle Lasten derselbe Wert der maximalen Absenkungs-Geschwindigkeit nutzbar ist. Aufgrund der Massenabhängigkeit der Kennkreisfrequenz $\bar{\omega}_0$ eines hydraulischen Antriebsstranges, die allgemein durch die Beziehung

$$\bar{\omega}_0 = \sqrt{\frac{C}{m}}$$

gegeben ist, in der mit C die hydraulische Steifigkeit des Antriebsstranges und mit m die bewegte Masse bezeichnet sind, können mit abnehmendem Betrag der bewegten Masse auch größere Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bzw. Verzögerungen ausgenutzt werden.

Für eine präzise Steuerbarkeit der Kolben-Auslenkungen der Hub-Steuerventilanordnung ist es vorteilhaft, wenn zur mechanischen Antriebskopplung des Stellmotors und des Hauptkolbens ein nicht-selbsthemmendes Getriebe vorgesehen ist und die Grundstellung des Hauptkolbens durch Rückstellfedern zentriert ist, so daß die Grundstellung des Kolbens, die mittels eines Positionsgebers überwacht sein kann, bei stromlosem

Motor gleichsam selbsttätig eingenommen wird.

Ein solches Getriebe ist in bevorzugter Gestaltung als Spindel-Muttertrieb ausgebildet, bei dem vorzugsweise die Spindel als Gewindeabschnitt der Abtriebswelle des Stellmotors ausgebildet ist und die Spindelmutter fest mit dem Kolben verbunden und vorzugsweise einstückig mit dem Kolben ausgeführt ist, der seinerseits verdrehsicher im Ventilgehäuse verschiebbar geführt ist.

Die gemäß Anspruch 4 vorgesehene Gestaltung der Hub-Steuerventilanordnung mit zwei durch Auslenkungen des Hauptkolbens aufsteuerbaren Sitzventilen, mittels derer die Absenkungs-Bewegungen der Hebebühne steuerbar sind, hat den Vorteil, daß sämtliche Ventilelemente der Hub-Steuerventilanordnung in einem einzigen Mehrwege-Dreistellungs-Ventil mit einem einzigen Stellantrieb vereinigt sind und ein einfacher und raumsparender Aufbau erzielt wird.

Für die gemäß Anspruch 5 vorgesehene, bevorzugte integrierte Bauweise der Sitzventile, in der der Ventilkörper des einen Sitzventils gleichsam das Gehäuse des anderen Sitzventils bildet, sind durch die Merkmale der Ansprüche 6 und 7 konstruktiv einfache Gestaltungen der beiden Sitzventile angegeben, die in sperrendem Zustand eine hermetisch dichte Abspernung des Antriebsdruckraumes des Hub-Antriebszylinders gegen den Tankraum des Hub-Steuerventils vermitteln.

Die gemäß Anspruch 8 zur Betriebs-Steuerung weiterer Hydraulik-Antriebe der Hydraulik-Installationen vorgesehenen impulsbreitenmodulierten Magnetventile, für die durch die Merkmale des Anspruchs 9 bevorzugte Werte von Frequenzen f_m für die Amplitudenmodulation und für die Impulsfolgefrequenz f_i von "Träger"-Impulsen angegeben sind, aus denen die amplituden- bzw. dauer-modulierten Impulse der Dauer T_1 und T_2 synthetisiert werden, haben den Vorteil, daß ab einer Mindest-Stromstärke der zeitlich modulierten Impulse die Auslenkung des Ventilkörpers aus der jeweiligen Grundstellung unabhängig von der Stromstärke der Impulse ist, d.h. lediglich vom Verhältnis T_1/T_2 abhängt, das seinerseits digital steuerbar ist, mit der Folge, daß die Reproduzierbarkeit definierter Auslenkungen im Verhältnis zu konventionellen Proportional-Magnetventilen erheblich besser ist.

Durch die gemäß Anspruch 10 vorgesehene Last-Vergleichsschaltung wird erreicht, daß jeweils der höchste in der Hydraulikinstallation genutzte Betriebsdruck am Last-Anschluß einer Druckwaage ansteht, deren Funktion darin besteht, bei gegebenem Betriebsdruck den Versorgungs-Ölstrom konstant zu halten.

In bevorzugter Gestaltung der Hydraulikinstallation ist für einen das Gehäuse für das Hub-Steuerventil sowie für die Steuerventile der weiteren hydraulischen Verbraucher bildenden Steuerblock ein mehrschichtiger Aufbau aus Segmentblechen vorgesehen, die stoffschlüssig miteinander verbunden, in praxi hart miteinander verlötet sind und mit Ausnehmungen versehen

sind, durch deren Konturenverlauf und Anordnung zueinander die Querschnittsformen und die lichten Abmessungen von Quer- und Längskanälen sowie von Ventilkämen und Steuerkammern innerhalb des Steuerblocks vorgegeben sind, wobei die zur Bildung der genannten Hohlräume erforderlichen Öffnungen z.B. in einem Laser-Schneidverfahren oder in Feinschneid- oder Stanztechnik geschaffen worden sind. Die Herstellung des Steuerblocks ist dadurch wesentlich einfacher als eine Herstellung in konventioneller Gußtechnik. Das zur Löt-Verbindung erforderliche Lot-Material kann in Segment-Ausnehmungen eingelegt werden, die in einem für das Zusammenlöten vorbereiteten Segmentblech-Stapel in sich geschlossene Hohlräume bilden, aus denen das Lot durch die Kapillarwirkung der engen Spalte zwischen den Segmentblechen in die diese großflächig verbindende Konfiguration gelangen kann. Druck(P)-Versorgungs Kanäle und Rücklauf-Kanäle, die zu den Versorgungsanschlüssen der einzelnen Ventile führen, können auf einfache Weise unter Umgehung von Querkämen, in denen z.B. Ventilkolben verschiebbar angeordnet sind, vollständig innerhalb des Gehäuseblocks gebildet werden. Zum Anschluß an hydraulische Verbraucher oder an das Druckversorgungsaggregat vorgesehene Anschlußstutzen können als vorgefertigte Teile ausgebildet sein, die in Kanal-Mündungen des Steuerblocks eingelötet werden. Verglichen mit in mit konventioneller Gußtechnik gefertigten Gehäusen ergeben sich für den Steuerblock signifikant geringere Außenabmessungen und auch eine erhebliche Gewichts-Reduzierung.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäßen Hydraulik-Installation ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines speziellen Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 ein Hydraulik-Schaltbild einer erfindungsgemäßen Hydraulik-Installation an einem Gabelstapler-Fahrzeug, bei dem zusätzlich zu einem Hub-Antrieb und einem Neigungs-Stellantrieb auch ein Last-Verschiebe-Antrieb und ein Dreh-Antrieb für die Hebebühne vorgesehen sind;

Fig. 2 eine schematisch vereinfachte Längsschnitt-Darstellung eines Steuerblocks, der das Gehäuse für das Hub-Steuerventil, eine Druckwaage, ein Rückschlagventil sowie Vergleichsventile der Hydraulik-Installation gemäß Fig. 1 bildet;

Fig. 2a, b und c verschiedene Funktionsstellungen von Sitzventilen des Hub-Steuerventils gemäß Fig. 2 in einer der Fig. 2 entsprechenden Darstellung

und

Fig. 3a bis 3m schematisch vereinfachte Draufsichts-Darstellungen von Segment-Blechen, aus denen der Steuerblock gemäß Fig. 2 gebaut ist.

In der Fig. 1 ist insgesamt mit 10 die Hydraulik-Installation eines im übrigen nicht dargestellten Gabelstapler-Fahrzeuges bezeichnet, mittels dessen Lasten, die bis zu einigen Tonnen betragen können, z.B. mit schweren Metallteilen beladene Transport-Paletten, auf zur Lagerung solcher Teile vorgesehenen Lagerplätzen eines Hochregal-Lagers abgestellt oder von solchen Lagerstellen wieder entnommen werden können, wobei das Anfahren solcher Lagerstellen und das Abstellen des Lagergutes auf diesen oder dessen Entnahme von solchen von einem Fahrer gesteuert wird, der den Gabelstapler "fährt" und "steuert".

Ein solches Gabelstapler-Fahrzeug hat, sofern es für einen Einsatz in geschlossenen Lageräumen gedacht ist, einen batteriegespeisten, elektrischen Fahrtrieb und - ebenfalls emissionsfreie - hydraulische Antriebe für Zusatzeinrichtungen, mittels derer die Last in die Ablageposition gebracht und dort abgelegt werden kann bzw. in der Ablageposition angefahren und aus dieser wieder abgeholt werden kann.

Demgemäß umfaßt die hydraulische Installation 10 des Gabelstaplers einen Hub-Antriebszylinder 11, mittels dessen eine - gabelförmige - Hebebühne, die die Nutzlast aufnehmen kann, an einem nicht dargestellten, im wesentlichen vertikal aufragenden Mast des Gabelstaplers auf- und abfahren werden kann, um in vorgegebene Höhen von Lagerböden des Hochregals angehoben oder aus diesen abgeholt werden zu können.

Dieser Hub-Antriebszylinder 11 ist als einfach-wirkender linearer Hydrozylinder ausgebildet, der durch ventilgesteuerte Druckbeaufschlagung eines Antriebsdruckraumes 12 im Sinne einer Anhebung der Hebebühne bzw. der Last arbeitet und bei ebenfalls ventilgesteuerter Druckentlastung dieses Antriebsdruckraumes 12 durch die Gewichtskraft der am Kolben 13 des Hub-Antriebszylinders 11 abgestützten Last die Absenkung derselben vermittelt.

Die Hub- und Absenkungsbewegungen dieses Hub-Antriebszylinders 11 sind mittels eines Hubsteuerventils 14 steuerbar, das als Drei-Stellungs-Wegeventil ausgebildet ist, das eine dem Hebebetrieb zugeordnete Funktionsstellung I, eine dem Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders 11 zugeordnete Funktionsstellung II und eine der Stillsetzung des Hub-Antriebszylinders 11 zugeordnete Grundstellung 0 hat, die der Fahrer mittels eines manuell betätigbaren Richtungs-Wahlgliedes 106, z.B. eines Schwenkhebels, vorgeben kann, wobei das Hub-Steuerventil so ausgebildet ist, daß es, wenn der Fahrer das Richtungs-Wahlglied 106 nicht betätigt - "losläßt" - selbsttätig in die durch Rück-

stellfedern 17 und 18 zentrierte Grundstellung 0 gelangt, in der der Hub-Antriebszylinder 11 stillgesetzt ist.

Des weiteren umfaßt die Hydraulik-Installation 10 einen Neigungs-Stellzylinder 19, mittels dessen der im Frontbereich des Fahrzeuges unmittelbar vor dessen Vorderachse angeordnete Hubmast innerhalb eines begrenzten Winkelbereiches um eine parallel zur Vorderachse des Stapler-Fahrzeuges verlaufende, fahrbahnnahe Achse etwas zum Fahrzeug hin oder vom Fahrzeug weg gekippt werden kann, um dadurch auch eine zur Fahrbahn oder zur Ablagefläche des Lagergutes hin abfallende oder ansteigende Orientierung der Traggabel des Gabelstaplers einstellen zu können, d.h. die für das Be- und Entladen und für den Fahrbetrieb günstigen Orientierungen des Masts und der Traggabel einstellen zu können. Der Neigungs-Stellzylinder 19 ist als doppelt-wirkender linearer Hydrozylinder ausgebildet, dessen bodenseitiger Antriebsdruckraum 21 und dessen stangenseitiger Antriebsdruckraum 22 mittels diesen je einzeln zugeordneter Vorspann-Ventile 23 und 24, die als Druckbegrenzungsventile mit jeweils einstellbarem Druckgrenzwert ausgebildet sind, unter einem Mindestdruck gehalten sind.

Des weiteren ist an der Hebebühne des Gabelstaplers ein Schubantrieb 26 vorgesehen, der zum Verschieben der Last von der Gabel auf die Lagerstelle ausnutzbar ist, auf der das Lagergut abgestellt werden soll. Dieser Schubantrieb ist in der Fig. 1 ebenfalls durch einen doppelt-wirkenden linearen Hydrozylinder 26 repräsentiert.

Für das zur Erläuterung gewählte, spezielle Ausführungsbeispiel ist darüber hinaus vorausgesetzt, daß die Hebebühne des Gabelstaplers mit einem niedrig bauenden, lediglich schematisch angedeuteten Drehtisch 27 ausgerüstet ist, der mittels eines insgesamt mit 28 bezeichneten, hydraulischen Drehantriebes um mindestens 180° im Uhrzeiger- und im Gegenuhrzeigersinn drehbar ist, so daß eine auf dem Drehtisch 27 abgestellte Palette in jedem Falle in eine für das Abstellen gewünschte, beliebige Orientierung drehbar ist, bevor sie mittels des Schubantriebes 26 auf den jeweils vorgesehenen Lagerplatz verschoben wird.

Dieser Drehantrieb ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel mittels zweier einfach-wirkender linearer Hydrozylinder 28₁ und 28₂ realisiert, die durch alternative Druckbeaufschlagung und -entlastung ihrer stangenseitig angeordneten Antriebsdruckräume 29₁ und 29₂ zum Antrieb des Drehtisches 27 in der einen oder der anderen Drehrichtung ansteuerbar sind. Zur Antriebskopplung der beiden Linearzylinder 28₁ und 28₂ des Drehantriebes 28 kann, wie schematisch angedeutet, ein mit einem Zahnrad 31 des Drehtisches 27 in kämmendem Eingriff stehender Zahnriemen 32 vorgesehen sein, der die parallel zueinander verlaufenden Kolbenstangen 30₁ und 30₂ der nebeneinander angeordneten Hydrozylinder 28₁ und 28₂ miteinander verbindet und auf einem 180°-Umfangsbereich des

Zahnrades 31 mit diesem in kraft-formschlüssigem Eingriff gehalten ist.

Zur Bewegungssteuerung des Neigungs-Stellzylinders 19, des Schubzylinders 26 und des Drehantriebes 28 sind diesen je einzeln zugeordnete Proportionalventile 33, 34 und 36 desselben Typs vorgesehen, der nachfolgend anhand des dem Schubzylinder 26 zugeordneten Schub-Steuerventils 34 erläutert wird:

Das Schubzylinder-Steuerventil 34 ist als lineares Schieberventil ausgebildet, dessen Kolben, entsprechend der durch das Steuerventil 34 vermittelten Funktionen durch ein 5/3-Wege-Ventilsymbol 34' repräsentiert ist. Entsprechend sind die Ventilkolben der beiden anderen Steuerventile 33 und 36 mit 33' bzw. 36' bezeichnet.

Zur Betätigung des Steuerventils 34 ist ein Doppelhub-Magnetsystem 37 vorgesehen, das zwei durch je einen Steueranschluß 38 bzw. 39 repräsentierte Feldwicklungen hat, in deren nicht-bestromtem Zustand der Kolben 34' des Steuerventils 34 durch die Wirkung vorgespannter Ventilsfedern 41 und 42 seine zentrierte Mittelstellung einnimmt, die der Grundstellung 0 des Steuerventils 34 entspricht, mit der die Stillsetzung des Schubzylinders 26 verknüpft ist.

Ist allein die eine (a)-Steuerwicklung 38 bestromt und die andere (b)-Steuerwicklung 39 stromlos, so gelangt das Steuerventil 34 mit maximaler Auslenkung seines Ventilkolbens 34' gegen die Rückstellkraft der einen, "rechten" Ventilsfeder 42 in seine Funktionsstellung I, die dem Einfahren der Kolbenstange 43 des Kolbens 44 des Schubzylinders 26 in Richtung des Pfeils 46 zugeordnet ist. Wird lediglich die andere (b)-Steuerwicklung 39 bestromt, so gelangt das Steuerventil 34 unter maximaler Auslenkung seines Ventilkolbens 34' gegen die Rückstellkraft der anderen, "linken" Ventilsfeder 41 aus seiner Grundstellung 0 in die Funktionsstellung II, die der Ausfahrbewegung des Kolbens 44 des Schubzylinders 26 in Richtung des Pfeils 47 zugeordnet ist.

Dasselbe gilt sinngemäß für die Zuordnung der Funktionsstellung I und II des Steuerventils 33 zu den in alternativen Richtungen erfolgenden Stellbewegungen des Kolbens 44 des Neigungs-Stellzylinders 19 und ebenfalls sinngemäß für die Zuordnung der Funktionsstellungen I und II des Steuerventils 36 des Drehantriebes 28 zu den alternativen Drehrichtungen des Drehtisches 27 entsprechenden alternativen Bewegungsrichtungen der Kolben 44₁ und 44₂ der beiden einfach-wirkenden Hydrozylinder 28₁ und 28₂ des hydraulischen Drehantriebes 28.

Das Steuerventil 34 ist als ein sogenanntes impulsbreitenmoduliertes Proportionalventil ausgebildet, bei dem sowohl die Richtung als auch der Betrag einer Auslenkung des Ventilkörpers 34' im Sinne eines Übergangs in die Funktionsstellung I oder die Funktionsstellung II durch das Verhältnis T_1/T_2 von Erregungszeitspannen T_1 und T_2 bestimmt ist, innerhalb derer jeweils nur eine der beiden Steuerwicklungen

38 bzw. 39 bestromt ist, wobei die Summe $T_1 + T_2$ der Periodendauer T einer fortlaufenden periodischen Erregung beider Steuerwicklungen 38 und 39 entspricht, deren Impulsfrequenz f_m durch die Beziehung $f_m = 1/T$ gegeben ist.

Durch eine hinreichend hohe Modulationsfrequenz f_m von z.B. 500 Hz, mit der die Steuerwicklungen 38 und 39 des Doppelhub-Magnetsystems 37 alternierend mit Stromimpulsen gleicher Stromstärke jedoch unterschiedlicher Impulsdauern T_1 und T_2 innerhalb der Periodendauer T der Stromimpulse angesteuert werden, wird unter Ausnutzung der mechanischen Trägheit des Ankers des Doppelhub-Magnetsystems 37 und des mit diesem bewegungsgekoppelten Ventilkolbens 34' erreicht, daß die im Takt der Modulationsfrequenz f_m erfolgenden Hin- und Herbewegungen des Ankers und des Ventilkolbens lediglich Amplituden haben, die klein gegenüber den Auslenkungen des Ventilkolbens 34' aus seiner Grundstellung 0 sind, so daß die effektive Auslenkung aus der Grundstellung 0 jeweils durch das Verhältnis der Zeitspannen T_1 und T_2 bestimmt ist.

Die Einstellung der Modulationszeitspannen T_1 und T_2 erfolgt durch summierende Verarbeitung von Taktimpulsen konstanter, kurzer Dauer, wobei die Impulsfrequenz f_i dieser Taktimpulse 50 bis 100 und höher ist als die Impulsbreiten-Modulationsfrequenz f_m , die der Beziehung $f_m = 1/(T_1 + T_2)$ genügt.

Bei dieser Art der elektrischen Ventilansteuerung entspricht einem Anfahren der Grundstellung 0 des Ventils 34 die Annäherung des jeweiligen Impulsdauer-Verhältnisses T_1/T_2 an den Wert 1; ein Übergang in die Funktionsstellung I und innerhalb dieser die Nutzung zunehmender Strömungsquerschnitte der freigegebenen Strömungspfade erfolgt durch Einsteuerung von Werten des Erregungs-Zeitverhältnisses T_1/T_2 , die größer als 1 sind und zunehmend größer werden, während ein Übergang in die Funktionsstellung II und innerhalb dieser die Nutzung zunehmender Strömungsquerschnitte durch Einsteuerung von Werten des Verhältnisses T_1/T_2 erfolgt, die kleiner als 1 sind und weiter abnehmen. Hierbei ist es zweckmäßig, wenn das Verhältnis T_1/T_2 zwischen Extremalwerten von 100/1 und 1/100 variierbar ist und der gesamte Aussteuerbereich in etwa 100 inkrementale Schritte unterteilt ist, so daß eine hinreichend fein abgestufte Einstellung der Ventilkolben-Auslenkungen erreicht wird.

Das Steuerventil 34 ist hinsichtlich der erzielbaren hydraulischen Leitungsverbindungen ein 5/3-Wege-Ventil, das versorgungsseitig einen Druck (P)-Versorgungsanschluß 48 hat, der über eine Druckversorgungsleitung 49 an den Druckausgang 51 des insgesamt mit 52 bezeichneten Druckversorgungsaggregats angeschlossen ist, des weiteren einen Rücklauf (T)-Anschluß 53, der über eine Rücklaufleitung 54 an den Vorratsbehälter 56 des Druckversorgungsaggregats 52 angeschlossen ist, sowie einen Last(x)-Sensierungs-Anschluß 57, der mit einem dem angeschlossenen Verbraucher 26 zugeordneten

Zulauf-Anschluß 58 eines Wechselventils 59 verbunden ist, das, je nachdem, ob der am Last-Sensierungs-Anschluß 57 herrschende Druck niedriger oder höher ist als der am anderen Zulaufanschluß 61 des Wechselventils 59 anstehende Druck den Last-Sensierungs-Anschluß 57 des Steuerventils 34 gegen den Ausgang 62 des Wechselventils absperrt oder mit dem Ausgang 62 des Wechselventils 59 verbindet.

Verbraucherseitig hat das Steuerventils 34 einen A-Verbraucheranschluß 63, der mit dem bodenseitigen Antriebsdruckraum 21 des als Verbraucher angeschlossenen Schubzylinders 26 verbunden ist, sowie einen B-Verbraucheranschluß 64, der mit dem stangenseitigen Antriebsdruckraum 22 des Schubzylinders 26 verbunden ist.

In der Grundstellung 0 des Steuerventils 34 sind die Verbraucheranschlüsse 63 und 64 gegeneinander sowie gegen die Versorgungsanschlüsse 48 und 53 abgesperrt, jedoch ist der T-Rücklaufanschluß 53 "intern" mit dem Last(x)-Sensierungsanschluß 57 verbunden. In der dem Rückzugsbetrieb des Kolbens 44 des Schubzylinders 26 zugeordneten Funktionsstellung I ist der Druckversorgungsanschluß 48 des Ventils 34 mit dessen B-Verbraucheranschluß 64 verbunden sowie intern mit dem Last-Sensierungsanschluß 57, der nunmehr gegen den Rücklauf-Anschluß 53 abgesperrt ist, der seinerseits mit dem A-Verbraucheranschluß 63 verbunden ist. In dieser Funktionsstellung I strömt Druckmedium von der Druckversorgungsleitung 49 über ein zwischen diese und den P-Versorgungsanschluß 48 des Ventils 34 geschaltetes Rückschlagventil 66, das in dieser Funktionsstellung in seine Offen-Stellung gelangt, zum stangenseitigen Antriebsdruckraum 22 des Schub-Hydrozylinders 26, während aus dessen bodenseitigem Antriebsdruckraum 21 Druckmedium über das Steuerventil 34 zum Vorratsbehälter 56 des Druckversorgungsaggregats 52 abströmt.

In der dem Vorschubbetrieb des Schubzylinders 26 zugeordneten Funktionsstellung II des Steuerventils 34 ist dessen Druck(P)-Versorgungsanschluß 48 mit dem A-Verbraucheranschluß 63 sowie mit dem Last-Sensierungsanschluß 57 des Steuerventils 34 verbunden und gegen den T-Rücklaufanschluß 53 abgesperrt, der nunmehr mit dem B-Verbraucheranschluß 64 verbunden ist, über den Druckmedium aus dem stangenseitigen Druckraum 22 des Druckzylinders abströmen kann, während dem bodenseitigen Antriebsdruckraum 21 unter hohem Druck stehendes Druckmedium zuströmt.

Die Art der Einsteuerung von Drehbewegungen des Drehtisches 27 mittels des dem Drehantrieb 28 zugeordneten Steuerventils 36 ist dieselbe wie anhand des Schubantriebes 26 erläutert, wobei beim dargestellten Erläuterungsbeispiel der Last(x)-Sensierungsanschluß 57 des Drehantriebs-Steuerventils 36 mit dem zweiten Zulaufanschluß 61 des dem Schubzylinder 26 zugeordneten Wechselventils 59 verbunden ist.

Für den Fall, daß sowohl der Drehantrieb 28 als auch der Schubzylinder 26 aktiviert sind, vermittelt das

Wechselventil 59 einen Vergleich der Antriebsdrücke im jeweils druckbeaufschlagten Antriebsdruckraum 21 oder 22 bzw. 29₁ oder 29₂ des Schubzylinders 26 bzw. der Drehantriebs-Hydrozylinder 28₁ bzw. 28₂ und somit einen Lastvergleich, wobei am Ausgang 62 des Wechselventils 59 jeweils der höhere dieser beiden Betriebsdrücke ansteht.

Der Ausgang 62 dieses "Vergleichs"-Wechselventils 59 ist mit dem einen Zuflußanschluß 67 eines weiteren "Vergleichs"-Wechselventils 68 verbunden, das dem Neigungs-Stellzylinder 19 zugeordnet ist, wobei der zweite Zufluß-Anschluß 69 dieses Wechselventils 68 mit dem Last-Sensierungsanschluß 57 des Neigungs-Steuerventils 33 verbunden ist.

Im Unterschied zu den Steuerventilen 34 und 36 für den Schubzylinder 26 und den Drehantrieb 28 ist der Druck (P)-Versorgungsanschluß 48 des Neigungs-Steuerventils 33 direkt mit der Druckversorgungsleitung 49 verbunden, die an den Druckausgang des Druckversorgungsaggregats 52 angeschlossen ist; jedoch ist zwischen den A-Verbraucheranschluß 63 des Neigungs-Steuerventils 33 und den stangenseitigen Antriebsdruckraum 22 des Neigungs-Stellzylinders 19 sowie zwischen den B-Verbraucheranschluß 64 und den bodenseitigen Antriebsdruckraum 21 des Neigungs-Stellzylinders 19 je ein Rückschlagventil 70₁ bzw. 70₂ geschaltet, das bei höherem Druck im jeweiligen Antriebsdruckraum 22 oder 21 als am zugeordneten Verbraucheranschluß 63 bzw. 64 sperrend ist, so daß eine eingestellte Mast-Neigung auch bei einer Stillsetzung des Neigungs-Stellzylinders 19 zuverlässig erhalten bleibt und sich unter der Eigenlast des Mastes nicht ändern kann. Durch die zu den beiden Rückschlagventilen 70₁ und 70₂ je einzeln parallel geschalteten Vorspann-Ventile 23 und 24 sind Mindest-Druckwerte bestimmt und einstellbar vorgebbar, die bei einer Änderung der Mast-Neigung in jeweils demjenigen der Antriebsdruckräume 21 und 22 des Neigungs-Stellzylinders 19 aufrechterhalten bleiben, aus dem zur Positionsveränderung Druckmedium abströmen muß.

Auch das dem einfach-wirkenden Hub-Antriebszylinder 11 zugeordnete Hub-Steuerventil 14 ist, in funktioneller Analogie zu den den weiteren Verbrauchern 19, 26 und 28 der Hydraulikinstallation 10 zugeordneten Steuerventilen 33, 34, und 36, als 5/3-Wege-Proportionalventil ausgebildet.

Das Hub-Steuerventil 14 hat, ebenso wie die für die weiteren Verbraucher 19, 26 und 28 vorgesehenen Steuerventile 33, 34 und 36, versorgungsseitig einen Druck(P)- Versorgungsanschluß 48, der mit der Druckversorgungsleitung 49 direkt kommunizierend verbunden ist, einen Rücklauf(T)-Anschluß 53, der direkt kommunizierend mit der Rücklaufleitung 54 verbunden ist, sowie einen Last(x)-Sensierungsanschluß 57, der mit dem einen Zulaufanschluß 71 eines funktionell den Wechselventilen 59 und 68 entsprechenden weiteren Wechselventils 72 verbunden ist, und, verbraucherseitig, einen B-Verbraucheranschluß 64, der direkt-kom-

munizierend mit dem Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 verbunden ist, sowie einen A-Verbraucheranschluß 63, der an den Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 über ein Rückschlagventil 73 angeschlossen ist, das durch relativ höheren Druck am A-Verbraucheranschluß 63 des Steuerventils 14 als an dessen B-Verbraucheranschluß 64 seine Durchfluß-Stellung einnimmt und ansonsten sperrend ist.

In der Grundstellung 0 des Hub-Steuerventils 14 sind dessen A- und B-Verbraucheranschlüsse 63 und 64 sowie dessen Druck(P)- und Rücklauf(T)-Anschlüsse 48 und 53 gegeneinander abgesperrt, jedoch der Rücklauf(T)-Anschluß 53 und der Last(x)-Sensierungsanschluß 57 "intern" miteinander verbunden.

In der Funktionsstellung I des Hub-Steuerventils 14, die der Aufwärtsbewegung der Hebebühne des Gabelstaplers zugeordnet ist, sind der Druck(P)-Versorgungsanschluß 48, der A-Verbraucheranschluß 63 und der Last(x)-Sensierungsanschluß 57 des Hub-Steuerventils 14 kommunizierend miteinander verbunden, jedoch gegen dessen Rücklauf(T)-Anschluß 53 und dessen B-Verbraucheranschluß 64 abgesperrt.

In der dem Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders 11 zugeordneten Funktionsstellung II des Hub-Steuerventils 14 sind der B-Verbraucheranschluß 64, der Rücklauf(T)-Anschluß 53 und der Last(x)-Sensierungsanschluß 57 des Hub-Steuerventils 14 kommunizierend miteinander verbunden, jedoch gegen dessen A-Verbraucheranschluß 63 und dessen Druck(P)-Versorgungsanschluß 48 abgesperrt, die in dieser Funktionsstellung II ihrerseits gegeneinander abgesperrt sind.

Der zweite Zulaufanschluß 74 des mit dem Last-Sensierungsanschluß 57 des Hub-Steuerventils 14 einseitig verbundenen Wechselventils 52 ist mit dem Ausgang 76 des dem Neigungs-Steuerventil 33 zugeordneten Wechselventils 68 verbunden.

Der Ausgang 77 des dem Hub-Steuerventil 14 zugeordneten Wechselventils 72 ist mit dem Last-Druckanschluß 78 einer Zwei-Wege-Druckwaage 79 verbunden, deren Referenz-Druckanschluß 81 an den Druckausgang 51 des Druckversorgungsaggregats 52 angeschlossen ist, von dem die Druckversorgungsleitung 49 ausgeht, an die die Druck(P)-Versorgungsanschlüsse 48 der einzelnen Steuerventile 14, 33, 34 und 36, teils über die Rückschlagventile 66, angeschlossen sind.

Zwischen den Last-Druckanschluß 78 der Druckwaage 79 und den Rücklauf(T)-Anschluß 82, von dem die Rücklaufleitung 54 ausgeht, die mit den jeweiligen Rücklauf-Anschlüssen 53 der Steuerventile 14, 33, 34 und 36 verbunden ist, ist ein Druckbegrenzungsventil 83 geschaltet, das den Betriebsdruck mit dem die einzelnen Antriebe 11, 19, 26 und/oder 28 beaufschlagbar sind, auf einen vorgebbar einstellbaren Maximalwert $P_{\max}$ von 100 bar begrenzt.

Der durch das 2/2-Wege-Ventilsymbol repräsen-

tierte Kolben 84 der Druckwaage 79 bildet mit seinen einander gegenüberliegenden schematisch angedeuteten Stirnflächen 86 und 87 gleicher effektiver Fläche die druckdicht axial beweglichen Begrenzungen einer Betriebsdruckkammer 88, in die über den Last-Druckanschluß 78 der jeweilige Betriebsdruck eingekoppelt ist, der sich bei Aktivierung eines der Antriebe durch Betätigung seines Steuerventils einstellt, sowie einer Referenzdruckkammer 89, in die über den Referenz-Druckanschluß 81 der Ausgangsdruck der Hydraulikpumpe 91 des Druckversorgungsaggregats 52 eingekoppelt ist, die mittels eines elektrischen Antriebsmotors 92 angetrieben ist und im Betrieb mit im wesentlichen konstanter Fördermenge arbeitet.

Durch eine innerhalb der Lastdruckkammer 88 angeordnete, vorgespannte Waagenfeder 93, deren Vorspannung einem Druck von z.B. 3 bar äquivalent ist, wird der Kolben 84 der Druckwaage 79 in deren Sperrstellung gedrängt. Für den Fall, daß keiner der Antriebe 11, 19, 26 und 28 aktiviert ist und somit die Last-Druckkammer 88 drucklos ist, gelangt die Druckwaage durch die Wirkung des in die Referenzdruckkammer 89 eingekoppelten Ausgangsdruckes der Pumpe 91 in ihre Durchflußstellung I und arbeitet somit im Umlaufbetrieb, in dem Hydraulikmedium von der Pumpe 91 über die Druckwaage 79 in den Vorratsbehälter 56 zurückgefördert wird, wobei sich - wegen der Wirkung der Waagenfeder - über der Druckwaage ein Druckabfall von 3 bar ergibt.

Zur Einstell-Betätigung des Hub-Steuerventils 14, zu dessen baulicher und funktioneller Erläuterung nunmehr auch auf die Fig. 2 Bezug genommen sei, ist ein spielfreier, nichtselbsthemmender, insgesamt mit 94 bezeichneter Spindeltrieb vorgesehen, der eine mittels eines impuls gesteuerten Elektromotors 96, z.B. eines Schrittmotors rotatorisch antreibbare Gewindespindel 97 und eine mit dieser in kämmendem Eingriff stehende Spindelmutter 98 umfaßt, die fest mit dem Ventilkolben 14' des Hub-Steuerventils 14 verbunden ist, der mittels eines gehäusefesten, radialen Stiftes 95, der in eine Längsnut 99 des Kolbens hineinragt, gegen Verdrehen innerhalb einer Gehäusebohrung 101 gesichert ist und in dieser gleichwohl leichtgängig axial hin- und herschiebbar geführt ist.

Die insoweit erläuterte elektromotorische Betätigungseinrichtung 94, 96 des Hub-Steuerventils 14 ermöglicht eine sehr fein "digital" abgestufte Einstellung der Auslenkungen des Kolbens 14' des Hub-Steuerventils 14 gegenüber der dem Stillstand der Hebebühne zugeordneten Mittelstellung als Grundstellung 0, zu deren Erfassung ein elektronischer 102 oder elektromechanischer Referenzsignalgeber vorgesehen ist, der ein für die - federzentrierte - Mittelposition des Kolbens 14' charakteristisches elektrisches Referenzsignal an eine zur Ansteuerung des Schrittmotors 96 vorgesehene elektronische Steuereinheit 103 abgibt, anhand dessen die elektronische Steuereinheit 103 selbsttätig erkennt, wann sich der Kolben 14' in der Grundstellung 0 befin-

det oder diese durchläuft.

Zur Erläuterung der elektronischen Steuereinheit 103 wird es als hinreichend angesehen, diese anhand ihrer Funktionen zu beschreiben, bei deren Kenntnis ein Fachmann der elektronischen Schaltungs- und Regelungstechnik ohne weiteres in der Lage ist, die elektronische Steuereinheit 103 und deren Peripherie mit den nunmehr zu erläuternden Funktionen zu realisieren.

Der elektronischen Steuereinheit 103 sind als Informations-Eingaben elektrische Ausgangssignale einer Sollwert-Vorgabeeinheit 104₁ zugeleitet, durch deren Betätigung, z.B. mittels eines vor- und zurückschwenkbaren Handhebels 106 der Gabelstapler-Fahrer dem Fahrerwunsch entsprechende Sollwert-Signale hinsichtlich der Betriebsart - Heben oder Senken des Hubantriebszylinders 11 sowie hinsichtlich der Geschwindigkeit, mit der der Hebe- oder Absenkbetrieb erfolgen soll, vorgeben kann.

Zur Einsteuerung von Anstell-Winkeln, Vorschub-Kräften und/oder Orientierungs-Winkeln sind dem Neigungsstellantrieb 19, dem Schubantrieb 26 und dem Drehantrieb 28 einzeln zugeordnete Sollwert-Vorgabeeinheiten 104₂, 104₃ und 104₄ vorgesehen, die, analog zu der für die Steuerung des Hebe- und Absenkungs-betriebs der Hebebühne vorgesehenen Sollwert-Vorgabeeinheit 104₁, mittels je eines eigenen Handhebels 106 oder eines Drehknopfes 106' betätigbar sind, wobei die Sollwert-Ausgangssignale der einzelnen Sollwert-Vorgabeeinheiten 104₁ bis 104₄ der elektronischen Steuereinheit 103 an separaten Sollwert-Eingängen 109₁ bis 109₄ zugeleitet sind.

Als weitere Informationseingabe ist der elektronischen Steuereinheit 103 das elektrische Ausgangssignal eines elektronischen oder elektromechanischen Drucksensors 107 zugeleitet, das ein direktes Maß für den im Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 herrschenden Betriebsdruck und damit auch ein Maß für die Last ist, die mittels der Hebebühne des Gabelstaplers angehoben oder abgesenkt werden soll.

Aus einer Verarbeitung dieser Informations-Eingaben, z.B. durch Vergleich mit fest gespeicherten Daten-Paarungen oder -kombinationen ermittelt die elektronische Steuereinheit 103 für die Steuerung des Hebe- und Absenkungsbetriebs des Hub-Antriebszylinders 11 denjenigen Auslenkungshub des Kolbens 14' des Hub-Steuerventils 14, der erforderlich ist, um bei vorgegebenem Betrag der Last, die anhand des Ausgangssignals des Drucksensors 107 erfaßt wird, die gewünschte Hebe- oder Senk-Geschwindigkeit einzustellen und generiert die für diesen Auslenkungshub erforderliche Anzahl von Ansteuerimpulsen für den Schrittmotor 96, der pro Ansteuerimpuls eine Drehung um einen inkrementalen Winkelbetrag ausführt, dem, bedingt durch die Auslegung des Spindeltriebes 94 ein inkrementaler axialer Verschiebeweg des Kolbens 14' des Hub-Steuerventils 14 entspricht, so daß durch die Anzahl der von der elektronischen Steuereinheit 103 abgegebenen Ansteuerimpulse - digital - der Auslenkungs-Hub des

Kolbens 14' genau vorgegeben ist, um den der Kolben 14' relativ zur Grundstellung 0 im Sinne der Einnahme der Funktionsstellung I oder II des Steuerventils 14 verschoben werden muß.

Diese Funktion der elektronischen Steuereinheit 103 ist insbesondere für den Absenkungsbetrieb der Hebebühne von Bedeutung, in dem lediglich die am Kolben 13 des Hub-Antriebszylinders 11 abgestützte Last zur Entfaltung des den Rückstrom des Hydrauliköls zum Vorratsbehälter 56 vermittelnden Druckes wirksam ist, so daß es, um eine bestimmte Absenk-Geschwindigkeit zu erzielen, bei vergleichsweise geringer Last erforderlich ist, einen größeren Strömungsquerschnitt des im Absenkungs-Betrieb wirksamen Strömungspfad-
des 108 des Steuerventils 14 einzusteuern als bei vergleichsweise höherer Last, unter der sich im Antriebsdruckraum 12 ein höherer Druck ergibt, der schon bei geringerem Strömungsquerschnitt des im Absenkungsbetrieb genutzten Strömungspfad-
des 108 des Steuerventils (und entsprechend stärkerer Drosselwirkung desselben) ausreicht, um eine mittels der Sollwert-Vorgabeeinheit 104, vorgewählte Senk-Geschwindigkeit zu erreichen.

Anhand des last-charakteristischen Ausgangssignals des Drucksensors 107 ist auch ein lastgerechter Beschleunigungs-, Fahr- und Bremsbetrieb eines nicht dargestellten elektrischen Fahr-Motors des Gabelstaplers möglich, insbesondere derart, daß bei hoher Last vergleichsweise niedrigere Beschleunigungswerte einsteuerbar sind als bei vergleichsweise geringer Last und/oder bei hoher Last auch die maximale Fahr-geschwindigkeit reduziert wird.

Die elektronische Steuereinheit 103 generiert auch die für die Betriebs-Steuerung des Neigungs-Steuerventils 33, des Schub-Steuerventils 34 und des Dreh-Steuerventils 36 erforderlichen, relativ hochfrequenten Ansteuer-Impulsfolgen für deren Doppelhub-Magnetsysteme 37, sowie Ansteuer-signalen für den batteriege-speisten Antriebsmotor 92 der Hochdruckpumpe 91 des Druckversorgungsaggregats 52, durch die dessen Förderleistung bedarfsgerecht steuerbar ist. Eine solche Steuerung erfolgt zweckmäßigerweise derart, daß die über je eines der Steuerventile 14, 33, 34 und/oder 36 gesteuerten hydraulischen Antriebskreise, die durch die jeweiligen Antriebszylinder 11, 19, 26 und 28₁ sowie 28₂ repräsentiert sind, dynamisch stabil arbeiten können, jedoch der Hydrauliköl-Strom, der im Regelungsbetrieb der Druckwaage 79 über diese zum Vorratsbehälter 56 abströmt, auf einem möglichst niedrigen Wert zu halten, um die durch diesen Umlauf-Ölstrom bedingte Verlustleistung möglichst gering zu halten. Eine solche Art der Drehzahl- bzw. Leistungs-Regelung des elektrischen Antriebsmotors 92 ist bei dem zur Erläuterung gewählten Ausführungsbeispiel zumindest für den Hebe- und Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders 11 möglich, bei dem der im Antriebsdruckraum 12 herrschende Betriebsdruck mittels des Drucksensors 107 überwacht wird.

Zur Erläuterung baulicher Einzelheiten des Hub-Steuerventils 14, das hinsichtlich seiner prinzipiellen Funktion schon anhand der Fig. 1 erläutert worden ist, sei nunmehr wieder auf die Fig. 2 Bezug genommen, die den dem Hubantrieb 11 zugeordneten Teil eines insgesamt mit 110 bezeichneten Steuerblocks zeigt, in den das Hub-Steuerventil 14 und die Druckwaage 79 integriert sind, sowie auch das Rückschlagventil 73, das zwischen den A-Verbraucheranschluß 63 des Hub-Steuerventils 14 und den Abtriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 geschaltet ist, sowie das dem Hub-Steuerventil 14 zugeordnete Wechselventil 72 und auch das Wechselventil 68, das zur Betriebsdruck-Sensierung an dem in der Fig. 2 nicht mehr dargestellten Neigungs-Steuerventil 33 vorgesehen ist. Auch dieses Steuerventil 33 und die weiteren Steuerventile 34 und 36 können in einer zu der für das Hubsteuerventil 14 dargestellten, analogen Weise in den Steuerblock 110 integriert sein.

Die Anordnung des Hubsteuerventils 14 und der Druckwaage 79 sowie des Rückschlagventils 73 ist so getroffen, daß ihre zentralen Längsachsen 111 und 112 bzw. 113, entlang derer ihre Kolben axial hin- und her-verschiebbar sind, sowie auch die zentralen Längsachsen 114 und 116 des P-Versorgungsanschlusses 48 bzw. des T- Rücklaufanschlusses 59 in der durch die Zeichenebene markierten Längsmittlebene des Steuerblocks 110 verlaufen.

Zwischen einem blockförmig dargestellten Gehäuse-
seteil 117, das an derselben Seite des Steuerblocks 110 angeordnet ist wie die Versorgungs-Anschlußstutzen 48 und 53 und die gehäusefeste Begrenzung einer nach außen druckdicht abgeschlossenen ringförmigen B-Verbraucheranschlußkammer 118 bildet, die über den B-Verbraucheranschluß 64 des Hub-Steuerventils 14 mit dem Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 in kommunizierender Verbindung steht, und einem diesem blockförmigen Gehäuseteil 117 gegenüberliegend angeordneten, ebenfalls blockförmig dargestellten Gehäuseteil 119, das die gehäusefeste Begrenzung einer drucklos gehaltenen Tank-Anschlußkammer 121 bildet, die mit dem T- Rücklaufanschluß 53 in ständig-kommunizierender Verbindung gehalten ist und den Spindeltrieb 94 aufnimmt, mittels dessen der Kolben 14' des Hubsteuerventils 14 axial hin- und her-verschiebbar ist, hat der Steuerblock 110 einen mehrschichtigen Aufbau aus hart miteinander verlöteten Segment-Blechen 122₁ bis 122₁₄, die in der Reihenfolge ihrer Indizes übereinander bzw. nebeneinander mit zur Ebene der zentralen Längsachsen 111 bis 114 und 116 rechtwinkligem Verlauf ihrer miteinander verlöteten Begrenzungsflächen zwischen den blockförmigen Gehäuseteilen 117 und 119 angeordnet sind.

Die Segmentbleche 122₁ bis 122₁₄ sind mit ausgestanzten und/oder z.B. in einem Laser-Schneidverfahren ausgeschnittenen Ausnehmungen versehen, durch deren Konturenverlauf und ggf. dxaxiale Anordnung zueinander Querschnittsformen und lichte Ausdehnun-

gen von Quer- und Längskanälen innerhalb des Steuerblocks 110 vorgegeben sind.

Entsprechend den Aufsichts-Darstellungen der Segmentbleche 122₁ bis 122₁₄ gemäß den Fig. 3a bis 3m sind die Segmentbleche 122₁ bis 122₈ mit kreisrunden Löchern 123₁ bis 123₈ gleichen Durchmessers versehen, die in miteinander fluchtender Anordnung einen Querkanal 123 bilden, in den die Anschlußbuchse 48' des Druck(P)-Versorgungsanschlusses 48 eingelötet ist.

Dieser Querkanal 123 mündet in einen Längsschlitz 124 des neunten Segmentbleches 122₉, der zusammen mit den Segmentblechen 122₈ und 122₁₀ die Druck-Versorgungsleitung 49 (Fig. 1) bildet, die an die Druck(P)-Versorgungsanschlüsse 48 der einzelnen Steuerventile 14, 33, 34 und 36 angeschlossen ist.

Das achte Segmentblech 122₈ und das zehnte Segmentblech 122₁₀, zwischen denen die Druck(P)-Versorgungsleitung 49 verläuft, sowie das zwölfte Segmentblech 122₁₂ und das 14.

Segmentblech 122₁₄ sind in coaxialer Anordnung bezüglich der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 mit kreisrunden, miteinander fluchtenden, durch Nachbearbeitung geglätteten Ausnehmungen 126₈, 126₁₀, 126₁₂ und 126₁₄ versehen, die Gleitsitze für radiale Flansche 127, 128 und 129 des mittels des Schrittmotors 96 axial verschiebbar antreibbaren Ventilkolbens 14' bilden, mittels derer der Kolben druckdicht und axial leichtgängig verschiebbar in dem insoweit das Ventilgehäuse bildenden Teil des Steuerblocks 110 gelagert ist.

Die Segmentbleche 122₁ bis 122₅ sind - in coaxialer Anordnung bezüglich der zentralen Längsachse 116 des T-Rücklaufanschlusses 53 mit weiteren kreisrunden, miteinander fluchtenden Ausnehmungen 131₁ bis 131₅ versehen, die einen Querkanal 131 bilden, in den der Anschlußstutzen 53' des T-Rücklaufanschlusses eingelötet ist. Dieser Querkanal 131 mündet in die beim dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen dem fünften Segmentblech 122₅ und dem achten Segmentblech 122₈ verlaufende Rücklaufleitung 54, die sich einerseits bis zum Rücklauf-Anschlußbereich des Hub-Steuerventils 14 erstreckt und unter einseitiger Umgehung des Querkansals 123 weiter in denjenigen - nicht dargestellten - Bereich des Steuerblocks 110 fortsetzt, in dem sich die Rücklaufanschlüsse 53 der weiteren Steuerventile 33, 34 und 36 befinden. Die Form der Ausnehmungen 132₆ und 132₇ der Segmentbleche 122₆ und 122₇, die zwischen den Segmentblechen 122₅ und 122₈ die Form des sich vom Querkanal 131 bis in den Bereich des Hubsteuerventils 14 erstreckenden Teils der Rücklaufleitung 54 bestimmen, ist so gewählt, daß mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils konzentrisch gekrümmte Randbereiche 133₆ und 133₇ der Rücklaufleitungs-Ausnehmungen 132₆ und 132₇ der beiden Segmentbleche 122₆ bzw. 122₇ in signifikantem radialem Abstand von Rand der Gleitsöffnung 126₈ des Segmentbleches 122₈ verlaufen, in

der der Kolbenflansch 127 dicht gleitend verschiebbar ist, der an der dem Antriebsmotor 96 abgewandten Seite des Ventilkolbens 14' angeordnet ist, und daß auch die kreisrunden Mündungsänderungen 134₅ und 134₈ (Fig. 2), über die miteinander fluchtende Querkanäle 136 und 137 des Steuerblocks 110 an den durch die Ausnehmungen 132₆ und 132₇ der Segmentbleche 122₆ und 122₇ berandeten Abschnitt der Rücklaufleitung 54 anschließen, vollständig innerhalb der lichten Abmessungen dieses Rücklauf-Leitungsabschnitts verlaufen. Hierbei ist der eine Querkanal 136 durch miteinander fluchtende kreisrunde Öffnungen 136₂, 136₃, 136₄ und 136₅ der Segmentbleche 122₂ bis 122₅ gebildet und außenseitig durch einen Stopfen 138 druckdicht abgeschlossen, der in einer mit der gemeinsamen zentralen Längsachse 112 der Segmentblech-Öffnungen 136₂ bis 136₅ coaxialen Ausnehmung 136₁ etwas größeren Durchmessers des Segmentbleches 122₁ fixiert ist.

Der andere Querkanal 137 ist durch miteinander fluchtende kreisrunde Öffnungen 137₈ und 137₁₀ bis 137₁₄ der Segmentbleche 122₈ sowie 122₁₀ bis 122₁₄ gebildet und an seiner Außenseite durch ein weiteres, blockförmig dargestelltes, seitliches Gehäuse-Abschlußteil 139 nach außen druckdicht verschlossen.

Die Segmentbleche 122₁ und 122₃ bis 122₁₀ sind mit kreisrunden Ausnehmungen 141₁ und 141₃ bis 141₁₀ versehen, die coaxial bezüglich der zentralen Längsachse 113 des Rückschlagventils 73 angeordnet sind, das zwischen den A-Verbraucheranschluß 63 des Hub-Steuerventils 14 und den Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 geschaltet ist.

Das zwischen den Segmentblechen 122₁ und 122₃ angeordnete zweite Segmentblech 122₂ hat eine Ausnehmung 141₂, die einen mit der zentralen Achse 113 des Rückschlagventils 73 coaxial gekrümmten Randbereich 142 und einen mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 coaxial gekrümmten Randbereich 143 hat, wobei der Radius der mit der zentralen Achse 113 des Rückschlagventils 73 coaxialen Krümmung etwas größer ist als derjenige der benachbarten kreisrunden Ausnehmungen 141₁ und 141₃ der Segmentbleche 122₁ und 122₃ und der Radius des mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 coaxial gekrümmten Randbereiches 143 dieser Ausnehmung 141₂ deutlich größer ist als derjenige des anderen gekrümmten Randbereiches 142 und auch etwas größer als die Radien mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 coaxial angeordneter Ausnehmungen 144₁, 144₃ sowie 144₄ und 144₄₅ im wesentlichen gleichen Durchmessers der Segmentbleche 122₁, 122₃ sowie 122₄ und 122₅, die ihrerseits einen zu dem Gehäuseteil 117 hin offenen Querkanal 144 beranden, in den das Gehäuseteil mit einem hülsenförmigen Fortsatz 146 hineinragt, wobei der Durchmesser der kreisrunden Ausnehmung 144₄ des Segmentbleches 122₄ zur Aufnahme einer Ringdichtung 147 etwas größer ist als die Durchmesser der mit-

einander fluchtenden "großen" kreisrunden Ausnehmungen 144₁, 144₃ und 144₅ der Segmentbleche 122₁, 122₃ und 122₅, die hinsichtlich ihres Ausnehmungsbildes identisch sind.

Die gekrümmten Randbereiche 142 und 143 der mit den Ausnehmungen 141₁ und 141₃ sowie den Ausnehmungen 144₁ und 144₃ der Segmentbleche 122₁ und 122₃ überlappenden Ausnehmung 141₂ des dazwischen angeordneten Segmentbleches 122₂ schließen jeweils mit glatter Krümmung and geradlinig verlaufende Randbereiche 148 der Ausnehmung 141₂ an.

Der durch die Ausnehmung 141₂ des Segmentbleches 122₂ freigehaltene Gehäusekanal, der sich zwischen der B- Verbraucheranschlußkammer 118 des Hub-Steuerventils 11 und dem mit der zentralen Längsachse 113 des Rückschlagventils 73 coaxialen Anschlußkanal erstreckt, bildet gleichsam den B-Verbraucheranschluß 64 des Hubsteuerventils 14.

Der mit der zentralen Längsachse 113 des Rückschlagventils 73 coaxiale, insgesamt mit 141 bezeichnete Querkanal hat im mittleren Bereich des Steuerblocks 110 eine den Ventilsatz 149 für den kegeltumpfförmig dargestellten Ventilkörper 151 des Rückschlagventils 73 bildende konische Verjüngung, mit der er an den A-Verbraucher-Anschlußkanal 63 anschließt, der durch die miteinander fluchtenden Ausnehmungen 141₇ bis 141₁₀ der Segmentbleche 122₇ bis 122₁₀ gebildet ist.

Der A-Verbraucheranschlußkanal 63 mündet innerhalb einer "flach"-elliptisch berandeten Ausnehmung 126₁₁ des elften Segmentbleches 122₁₁, die, je nachdem, in welcher Funktionsstellung sich der Kolben 14' des Hub-Steuerventils befindet, entweder über einen in dem Ventil geöffneten Drosselspalt mit der Druckversorgungsleitung 49 verbunden und gegen die T-Rückklaufleitung 54 abgesperrt ist oder mit dieser verbunden und gegen die Druckversorgungsleitung 49 abgesperrt ist. Diese elliptisch berandete Ausnehmung 126₁₁ des Segmentbleches 122₁₁ vermittelt auch die kommunizierende Verbindung des A-Verbraucheranschlusses 63 des Hub-Steuerventils 14 mit dessen Last-Sensierungsanschluß 57 (Fig. 1).

Die einen Teil der Rückklaufleitung 54 berandende Ausnehmung 132₇ des etwa in Höhe des Ventilsitzes 149 angeordneten Segmentbleches 122₇ hat eine die Ausnehmung 141₇, deren Rand einen Teil des Ventilsitzes 149 bildet, in radialem Abstand umgehende bogenförmig gekrümmte Ausbuchtung 153, mit der ein Querkanal 154, dessen Zentrale Längsachse 156 parallel zu den zentralen Längsachsen 113 und 111 des Rückschlagventils 73 und des Hub-Steuerventils 14 und in deren Ebene verläuft, in kommunizierender Verbindung steht. Dieser Querkanal 154 ist durch miteinander fluchtende, kreisrunde Öffnungen 154₈ bis 154₁₂ der Segmentbleche 122₈ bis 122₁₂ gebildet; er kommuniziert auch mit einer "Tankraum"-Ausnehmung 126₁₃ des Segmentbleches 122₁₃, die einen kreisbogenförmig berandeten, mit der zentralen Längsachse 111 des

Hub-Steuerventils 14 coaxialen Öffnungsbereich 157 und eine von diesem ausgehende schlitzförmige Ausbuchtung 158 hat, innerhalb deren Endabschnittes der Querkanal 154 in die insgesamt schlüssellochförmige Ausnehmung 126₁₃ des Segmentbleches 122₁₃ mündet. Der Krümmungsradius des kreisbogenförmig verlaufenden Öffnungsrandbereiches 157' der Tankraumausnehmung 126₁₃ ist etwas größer als der Radius, der mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 coaxialen Gleitsitz-Ausnehmungen 126₈, 126₁₀, 126₁₂ und 126₁₄, in denen der Kolben 14' mit seinen Kolbenflanschen 127, 128 und 129 gleitend verschiebbar angeordnet ist, so daß zwischen dem 12. und dem 14. Segmentblech 122₁₂ ein Ringraum 159 vorhanden ist, der über die schlitzförmige Ausbuchtung 158 der Tankraum-Ausnehmung 126₁₃, den Querkanal 154 und die bogenförmig gekrümmte Ausbuchtung 153 der "Tank"-Ausnehmung 132₇ des Segmentbleches 122₇ mit der T-Rückklaufleitung 54 in ständig kommunizierender Verbindung steht. Dies gilt auch für die Tank-Anschlußkammer 121 des Hub-Steuerventils 14, die über eine Querbohrung 161 des in diese Kammer 121 hineinragenden Kupplungs-Abschnittes des Kolbenflansches 129, eine mit dieser in kommunizierender Verbindung stehende Längsbohrung 162 des Ventilkolbens 14' und eine wiederum mit der Längsbohrung 162 in kommunizierender Verbindung stehende Querbohrung 163, die zwischen dem Kolbenflansch 129 und dem zentralen Kolbenflansch 128 an einem diese miteinander verbindenden Kolbenstangenabschnitt 164 angeordnet ist, mit dem Ringraum 159 kommunizierend verbunden ist.

Weitere Ausnehmungen, die an den Segmentblechen 122₁₁ bis 122₁₂, soweit in den Fig. 2 und 3j bis 3m dargestellt, vorgesehen sind, sind die folgenden:

Das Segmentblech 122₁₂ ist mit einer dem Durchmesser nach kleinen kreisrunden Öffnung 166 versehen, die den einen Zulaufanschluß 71 des Wechselventils 72 bildet, das zum Lastvergleich am Hub-Steuerventil 14 vorgesehen ist. Das 14. Blechsegment 122₁₄ ist mit einer mit der vorgenannten Ausnehmung 166 coaxialen Ausnehmung 167 etwas größeren Durchmessers versehen, in die eine Ventilhülse 168 druckdicht eingesetzt ist, die den zweiten Zulaufanschluß 74 sowie den dem ersten Zulaufanschluß 71 gegenüberliegenden Ventilsitz des Wechselventils 72 bildet. Der an die Betriebsdruckkammer 88 der Druckwaage 79 angeschlossene Ausgang 77 dieses Wechselventils 72 ist durch eine Ausbuchtung 169 der mit der zentralen Längsachse 112 der Druckwaage coaxialen größtenteils runden Ausnehmung 137₁₃ des Segmentbleches 122₁₃ gebildet, das auch den zwischen den Ventilsitzen dieses Ventils sich erstreckenden Ventilraum begrenzt.

Das Segmentblech 122₁₂ ist mit einer weiteren "kleinen", kreisrunden Ausnehmung 171 versehen, die den einen Zulauf-Anschluß 69 des Wechselventils 68 bildet, der an den Last-Sensierungsanschluß 57 des

NeigungsSteuerventils 33 angeschlossen ist. Ein diesbezüglich erforderlicher Verbindungskanal ist durch die Ausnehmung 172 des Segmentbleches 122₁₁ repräsentiert.

In der mit der Ausnehmung 171 des Segmentbleches 122₁₂ koaxialen, dem Durchmesser nach etwas größeren Ausnehmung 173 des Segmentbleches 122₁₄ ist druckdicht eine Ventilhülse 174 eingesetzt, die den Zulaufanschluß 67 des dem Neigungs-Steuerventil 33 zugeordneten Wechselventils 68 sowie einen seiner beiden Ventilsitze bildet.

Eine im wesentlichen langlochförmige Ausnehmung 176 des Segmentbleches 122₁₃ bildet mit einem mit der Ausnehmung 171 des Segmentbleches 122₁₂ koaxialen gekrümmten Bereich die Begrenzung des sich zwischen den Ventilsitzen erstreckenden Raumes des Wechselventils 68, das dem Neigungs-Steuerventil 33 zugeordnet ist und vermittelt die kommunizierende Verbindung des Ventilausganges 76 mit einer kreisrunden Anschluß-Ausnehmung 177 des Segmentbleches 122₁₄ von der innerhalb des druckförmig dargestellten Gehäuseteils 139 ein Anschlußkanal zum zweiten Zulaufanschluß 74 des dem Hubsteuerventil zugeordneten Wechselventils 72 führt. Mit diesen Öffnungen 176 und 177 bezüglich des Anschlusses des in der Fig. 2 nicht mehr dargestellten, dem Schubantrieb zugeordneten Wechselventils 59 funktionsanaloge Ausnehmungen der Segmentbleche 122₁₃ und 122₁₄ sind in den Fig. 31 und 3m mit 176' bzw. 177' bezeichnet.

Zur weiteren baulichen und funktionellen Erläuterung des Hub-Steuerventils 14, das in der Fig. 2 in seiner dem Last-Anhebebetrieb zugeordneten Funktionsstellung I dargestellt ist, sei nunmehr ergänzend auch auf die Fig. 2a, 2b und 2c Bezug genommen, in denen den verschiedenen Funktionsstellungen I, 0 und II des Hub-Steuerventils 14 zugeordnete Funktionsstellungen einer insgesamt mit 14" bezeichneten Absenkungs-Ventileinheit in Relation zu den diesen verschiedenen Funktionsstellungen zugeordneten Stellungen des Hauptkolbens 14' dargestellt sind.

Die Absenkungs-Ventileinheit 14" ist als vormontierbare Baugruppe des Hub-Steuerventils 14 in das Gehäuseteil 117 integriert, das seitlich an den mehrschichtigen Steuerblock 110 angesetzt ist und gegenüber diesem mittels der Dichtungen 147 und 178 sowie mittels einer weiteren Ringdichtung 179 abgedichtet ist, die im Bereich des verbraucherseitigen Anschlußstutzens 181 angeordnet ist, der ebenfalls an dem Gehäuseteil 117 angeordnet ist.

Innerhalb dieses Gehäuseteils 117, das die gehäusesefeste Begrenzung der B-Verbraucheranschlußkammer 118 bildet, ist diese durch eine Zwischenwand 182 gegen einen äußeren Druckraum 183 abgesetzt, der seinerseits mittels eines aus montage-technischen Gründen erforderlichen Schraubstopfens 184 nach außen hin druckdicht abgeschlossen ist. Diese Zwischenwand 182 hat eine mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 koaxiale, zentrale Boh-

rung 186, in der ein zylindrisch- topfförmiger "äußerer" Ventilkörper 187 druckdicht gleitend verschiebbar angeordnet ist.

Der Durchmesser D1 dieser zentralen Zwischenwand-Bohrung 186 ist geringfügig größer als der Durchmesser D2 einer mit dieser koaxialen tankraumseitigen Öffnung 188 des Gehäuseteils 117, die durch eine innere Ringrippe 189 des hülsenförmigen Fortsatzes 146 des Gehäuseteils 117 berandet ist, durch die die B-Verbraucheranschlußkammer 118 gegen den Tankraum 54' abgesetzt ist, der durch den im Bereich des Hub-Steuerventils 14 verlaufenden Abschnitt der Rücklaufleitung 54 gebildet ist. Die anschlußkammerseitige Randkante 191 der durch die Ringrippe 189 berandeten Öffnung 188 bildet einen kreislinienförmigen Ventilsitz für den topfhülsenförmigen Ventilkörper 187, der mit einer kreiskegeligen Dichtfläche 192, über die eine äußere zylindrische Mantelfläche 193 an den Bodenbereich 194 des Ventilkörpers 187 anschließt, an dem Ventilsitz 191 abstützbar ist.

Der Ventilkörperboden 194, dessen tankraumseitige Begrenzungsfläche 196 radial innerhalb des kegeligen Dichtflächenbereiches 192 rechtwinklig zur zentralen Längsachse 111 verläuft und dessen innere Begrenzungsfläche 197 im achsnahen, zentralen Bodenbereich ebenfalls rechtwinklig zur zentralen Längsachse 111 verläuft, hat in diesem Bereich eine zentrale Öffnung 198, deren Durchmesser d₁ signifikant kleiner ist als der Innendurchmesser d₂ des gleichwohl relativ dickwandigen Zylindermantels 199 des topfhülsenförmigen Ventilkörpers 187.

Die innere kreisförmige Randkante 201 bildet den Sitz für einen kalottenförmigen oder, wie dargestellt, kegelstumpfförmigen Dichtkörper 202 eines zweiten Ventilkörpers 203 der Absenkungs-Ventileinheit 14", der als Stufenkolben ausgebildet ist, der mit seiner dem Durchmesser nach größeren Kolbenstufe 204 gegen die innere Mantelfläche 206 des Zylindermantels 199 des zylindrischtopfförmigen Ventilkörpers 187 gleitend abgedichtet ist. Diese außen zylindrische Kolbenstufe 204 ist ihrerseits zylindrisch-topfförmig gestaltet, wobei ihr mit dem äußeren Druckraum 183 in kommunizierender Verbindung stehender Innenraum 207 über einen den Bodenbereich 208 axial durchsetzenden Längskanal 209 und mit diesem kommunizierende Querkanäle 211 der dem Durchmesser nach kleineren Kolbenstufe 212, die in den kegelstumpfförmigen Dichtkörper 202 ausläuft, mit dem durch die beiden Ventilkörper 187 und 203 berandeten inneren Ringraum 213 der Absenkungs-Ventileinheit 14" in ständigkommunizierender Verbindung steht.

An einer die innere Mündungsöffnung des Längskanals 209 koaxial umgebenden Ringschulter 214 des Stufenkolbens 203, einerseits, und dem dieser gegenüberliegenden Schraubstopfen 184, andererseits, ist eine unter mäßiger Vorspannung stehende Ventilsfeder 216 abgestützt, die den Dichtkörper 202 des inneren Ventilkörpers 203 in Anlage mit seinem Ventilsitz 201

und damit auch den äußeren, topfhülsenförmigen Ventilkörper 187 in Anlage mit dem gehäusefesten Ventil-
sitz 191 drängt. Diese "geschlossene" Konfiguration der
Absenkungs-Ventileinheit 14" des Hub-Steuerventils 14
ist sowohl dessen im Schaltbild der Fig. 1 dargestellten
Grundstellung 0 des Hub-Steuerventils 14 als auch
dessen in der Längsschnittdarstellung der Fig. 2 darge-
stellten Funktionsstellung I des Hub-Steuerventils 14
zugeordnet, mit der der Last-Anhebungs-Betrieb des
Hub-Antriebszylinders 11 verknüpft ist.

Die - ringraumförmige - Verbraucheranschlußkam-
mer 118 steht über eine Festdrossel 217 mit dem äußeren
Druckraum 183 in ständig-kommunizierender
Verbindung, so daß in der in den Fig. 2 und 2a darge-
stellten, sperrenden Konfiguration der Absenkungs-
Ventileinheit 14" in dem äußeren Druckraum 183 der-
selbe Druck herrscht wie in der B-Verbraucheran-
schlußkammer 118. Eine funktionell der Drossel 217,
die in den Fig. 2 und 2a als Stufenbohrung mit parallel
zur zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14
verlaufender zentraler Achse 218 dargestellt ist, ent-
sprechende Drossel könnte auch, wie jeweils gestri-
chelt angedeutet, durch eine schmale Längsnut 217'
geringer radialer Tiefe des äußeren Ventilkörpers 187
der Absenkungs-Ventileinheit 14" oder eine entspre-
chende Längsnut 217" der zentralen Bohrung 186 der
Zwischenwand 182 des die Absenkungs-Ventileinheit
14" aufnehmenden Gehäuseteils 117 realisiert sein.

Auch das die Absenkungs-Ventileinheit 14" enthal-
tende Gehäuseteil 117, das bei dem zur Erläuterung
gewählten Ausführungsbeispiel der Hydraulik-Installa-
tion 10 aus montage-technischen Gründen als ein von
dem Steuerblock 110 separates Teil vorgefertigt werden
muß, kann in der anhand des Aufbaus des Steuerblocks
110 ausführlich erläuterten Schichttechnik aus Seg-
mentblechen 117₁ bis 117₁₀ erforderlichenfalls unter-
schiedlicher Dicke zusammengesetzt sein, für die durch
gestrichelt eingezeichnete Löffugen 220 (Fig. 2a) eine
mögliche Aufteilung angegeben ist, bei deren Wahl nur
geringfügige und einfach durchführbare Vorbearbeitun-
gen der Segmentbleche 117₄, 117₅ und 117₆ erforder-
lich sind, bevor das das Gehäuseteil 117 bildende
Segmentblech-Paket 117₁ bis 117₁₀ zusammengelötet
werden kann.

Das zu einem möglichen Schichtaufbau des
Gehäuseteils 117 Gesagte gilt sinngemäß auch für das
die Tankanschlußkammer 121 gehäusefest berandende
Gehäuseteil 119, in der der Spindeltrieb 94 angeordnet
ist, der die Antriebskupplung des Schrittmotors 96 mit
dem Ventilkolben 14' vermittelt, das im Bereich der
Druckwaage 79 angeordnete Gehäuseteil 139, in das
das Druckbegrenzungsventil 83 des Druckversorgungs-
aggregats 52 integriert ist und auch für das in der Fig. 2
weiter dargestellte, seitlich an den Steuerblock 110
angesetzte Gehäuseteil 219, von dem teilweise die
Ventilsitz-Hülse 174 des dem Neigungs-Stellantrieb 19
zugeordneten Wechselventils 68 aufgenommen ist.

Die in der Fig. 2 dargestellte Gesamtkonfiguration

der Anordnung des motorgesteuerten Hauptkolbens
14', der Ventilkörper 187 und 203 der Absenkungs-Ven-
tileinheit 14" des Hub-Steuerventils 14, des Kolbens 84
der Druckwaage 79, des Ventilkörpers 151 des Rück-
schlagventils 73, der Ventilkugel 221 des dem Hub-
Steuerventil 14 zugeordneten Wechselventils 72 und
der Ventilkugel 222 des dem Neigungs-Steuerventils 33
zugeordneten Wechselventils 68 entspricht einem sta-
tionären Betriebszustand der Hydraulikinstallation 10, in
dem sich der Kolben 13 des Hub-Antriebszylinders 11
mit konstanter Geschwindigkeit im Last-Hebe-Betrieb
nach oben bewegt, während die anderen hydraulischen
Antriebe 19, 26 und 28 stillgesetzt sind, d.h. die ihnen
zugeordneten Steuerventile 33, 34 und 36 in ihren sper-
renden Grundstellungen 0 gehalten sind.

In dem genannten stationären Betriebszustand ist
der motorgetriebene Hauptkolben 14' so weit aus seiner
federzentrierten Mittelstellung - weg von der Absen-
kungs- Ventileinheit 14" - ausgerückt, daß eine Ringnut
223 des Kolbens 14', die zwischen dessen zentralem
Kolbenflansch 128 und dessen tankraumseitigem Kol-
benflansch 127 angeordnet ist und in jeder möglichen
Position des motorgetriebenen Kolbens 14' mit der
Druck(P)-Versorgungsleitung 49 in kommunizierender
Verbindung steht, über den nunmehr freigegebenen
Drosselspalt 152 auch mit dem A-Verbraucheranschluß
63 kommunizierend verbunden ist und Druckmedium
über diesen und das gegen die Wirkung seiner Ventilfe-
der geöffnete Rückschlagventil 73 in den Antriebs-
druckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 strömen
kann.

Der am A-Verbraucheranschluß 63 anstehende, bei
guter Näherung dem Betriebsdruck im Antriebs-Zylin-
der 11 entsprechende Druck steht auch am Last-Sen-
sierungsanschluß 57 des Hub-Steuerventils 14 an und
bewirkt, daß das diesem zugeordnete Wechselventil 72
in diejenige Funktionsstellung gelangt, in der der anste-
hende Betriebsdruck auch in die Betriebs-Druckkam-
mer 88 der Druckwaage 79 eingekoppelt ist. Dieser
Druck ist wegen des über dem Drosselspalt 152 eintre-
tenden Druckabfalls niedriger als der Druck unter dem
das über die Druck(P)-Versorgungsleitung 49 dem Hub-
Steuerventil 14 zuströmende Druckmedium steht, der
auch in die Referenzdruckkammer 89 der Druckwaage
79 eingekoppelt ist.

Der diesbezüglich erforderliche Strömungspfad,
dem im Schaltbild der Fig. 1 der Referenzdruck-
Anschluß 81 entspricht, ist durch einen mit der
Druck(P)-Druckversorgungsleitung 49 in ständig kom-
munizierender Verbindung stehenden Querkanal 224
sowie einen mit diesem und mit der Referenzdruckkam-
mer 89 der Druckwaage 79 in ständig kommunizieren-
der Verbindung stehenden Längskanal 226 des
Druckwaagenkolbens 84 gebildet. Aufgrund der positi-
ven Druckdifferenz Δp zwischen dem im stationären
Betriebszustand in die Referenzdruckkammer 89 einge-
koppelten Referenzdruckes p_R und dem in die Betriebs-
druckkammer 88 der Druckwaage 79 eingekoppelten

Betriebsdruck p_B ergibt sich für den Druckwaagenkolben 84 eine gegen die Rückstellkraft der Waagenfeder 93 gegenüber seiner Grundstellung ausgelenkte Gleichgewichtsposition, in der zwischen einer kolben-
5 seitigen Steuerkante 227 und einer gehäuseseitigen Steuerkante 228 des Steuerbocks 110 ein Drosselspalt 229 freigegeben ist, über den Druckmedium von der Druck(P)-Versorgungsleitung 49 zum drucklosen Tankraum 54' bzw. zum Vorratsbehälter 56 des Druckversorgungsaggregats 52 zurückströmen kann.

Der im Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 herrschende Druck p_B ist auch in die B-Verbraucheranschlußkammer eingekoppelt und herrscht - im stationären Betriebszustand - auch in der äußeren Druckkammer 183 der Absenkungs-Ventileinheit 14",
15 deren Ventilkörper 187 und 203 dadurch mit zusätzlicher Kraft gegen ihre zugeordneten Ventilsitze 191 bzw. 201 gedrängt sind.

Zur Stillsetzung des Hub-Antriebes 11 wird der Hauptkolben 14' des Hub-Steuerventils 14, gesteuert
20 mittels des Schrittmotors 96, in die Grundstellung 0 gestellt, in der, bedingt durch die Stellung des Hauptkolbens 14', die Druck(P)-Versorgungsleitung 49 gegen den A- Verbraucheranschluß 63 abgesperrt ist, dieser jedoch, bedingt durch einen in dieser Grundstellung
25 freigegebenen Spalt zwischen dem zentralen Flansch 128 des Hauptkolbens und dem diesem benachbart angeordneten Rand 126'₁₂ an der zur zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 koaxialen Ausnehmung 126'₁₂ des Segmentbleches 122'₁₂ des Steuerblocks 110 freigegebenen Ringspalts mit dem drucklosen Rücklauf(T)-Anschluß 48 in kommunizierender Verbindung steht.

Die Folge hiervon ist, daß das Rückschlagventil 73 in seine Sperrstellung gelangt und, weil sich auch die Absenkungs-Steuerventileinheit 14" in ihrer Sperrstellung befindet, die Hebebühne mit der auf ihr abgestützten Last stehenbleibt.

Sofern hierbei der Pumpenantrieb 92 nicht abgeschaltet wird, gelangt der Kolben 84 der Druckwaage 79
40 durch die Wirkung des in deren Referenzdruckkammer 89 eingekoppelten Ausgangsdruckes der Pumpe 91 in eine Regelstellung, in der in dem Gehäusekanal 137 des Steuerblocks 110 zwischen der Druck(P)-Versorgungsleitung 49 und dem Tankraum 54' ein Drosselspalt 229 freigegeben ist, über den in einem Umlaufbetrieb der Pumpe 91 Druckmedium aus der Druck(P)-Versorgungsleitung 49 "direkt" zur Rücklaufleitung 54, d.h. zum Vorratsbehälter 56 des Druckversorgungsaggregats 52 zurückströmt.

Auch das Anfahren der Grundstellung 0 des Hauptkolbens 14' des Hub-Steuerventils 14 erfolgt zweckmäßigerweise motorgesteuert, kontrolliert durch die elektronische Steuereinheit 103, um ein lastgerecht
55 sanftes Einlaufen der Hebebühne in den Stillstand zu gewährleisten und unerwünschte Erschütterungen oder Schwingungen zu vermeiden. Die hierzu erforderliche Last-Information ist durch das druck-charakteristische

Ausgangssignal des Drucksensors 107 bereitgestellt.

Sobald die Grundstellung 0 des Hauptkolbens 14' des Hub-Steuerventils 14 erreicht ist, was die elektronische Steuereinheit 103 am diesbezüglichen Ausgangssignal des Referenzsignalsgebers 102 erkennt, kann die elektrische Ansteuerung des Schrittmotors 96 aufgehoben werden, da der Hauptkolben 14' durch die Wirkung der Rückstellfedern 17 und 18 in der Grundstellung 0 gehalten wird.

10 In der Grundstellung 0 des Hauptkolbens 14' sind Stützringe 231 und 232, über die die Rückstellfedern 17 und 18 des Hub-Steuerventils 14 an den einander abgewandten Endstirnflächen 233 und 234 des jeweiligen Kolben-Endflansches 129 bzw. 127 angreifen,
15 gegen gehäusefeste Anschlagflächen 233' bzw. 234' gedrängt, mit denen, in der Grundstellung 0 des Hauptkolbens 14', dessen Endstirnflächen 233 und 234 fluchten. Die Anschlagfläche 233' für den Stützring 233 der motorseitigen Ventiltfeder 17 ist durch eine radiale Innenschulter des Gehäuseteils 119 gebildet, das die gehäusefeste Begrenzung der Tank-Anschlußkammer 121 bildet, innerhalb derer der Spindeltrieb 94 zur Antriebskopplung des Schrittmotors 96 mit dem Hauptkolben 14' angeordnet ist; die Anschlagfläche 234', an der - in der Grundstellung 0 des Hauptkolbens 14' - derjenige Stützring 232 abgestützt ist, an dem die andere, im Tankraum 54' angeordnete Ventiltfeder 18 angreift,
20 die an der inneren Ringrippe 189 des die Absenkungsventileinheit 14" aufnehmenden Gehäuseteils 117 abgestützt ist, ist durch den tankraumseitigen Rand der mit der zentralen Längsachse 111 des Hub-Steuerventils 14 koaxialen kreisrunden Öffnung 1268 desjenigen Segmentbleches 122'₈ gebildet, das den Tankraum 54' gegen die Druck(P)-Versorgungsleitung 49 abgrenzt.

35 Der Hauptkolben 14' des Hub-Steuerventils 14 hat an seiner der Absenkungs-Ventileinheit 14" zugewandten Seite einen durch den im Tankraum 54' angeordneten Stützring 232 hindurchtretenden zylindrischen Fortsatz 236, dessen Durchmesser geringfügig kleiner ist als der Innendurchmesser des Stützringes 232. Dieser Fortsatz verjüngt sich über eine kegelstumpf-förmige Fase 237 zu einem zylindrischen Betätigungsabschnitt 238 hin, dessen Durchmesser d_3 etwas größer ist als der Durchmesser d_1 der zentralen
40 Öffnung 198 des Bodens 194 des zylindrisch-topfförmigen Ventilkörpers 187 der Absenkungs-Ventileinheit 14". Auf diesen zylindrischen Betätigungsabschnitt 238 folgt ein schlanker, stoßförmiger Endabschnitt 239, dessen Durchmesser d_4 (Fig. 2b) signifikant kleiner ist als der Durchmesser d_1 des zentralen Bodenöffnung 198 des topfhülsenförmigen Ventilkörpers 187.

In der Grundstellung des Hauptkolbens 14' befindet sich dessen stoßförmiger Endabschnitt 239 in der in der Fig. 2a gestrichelt eingezeichneten Position, in der
55 seine Endstirnfläche 241 entweder an der gegenüberliegenden Endstirnfläche 242 des kegelstumpfförmigen Dichtkörpers 202 des inneren Ventilkörpers 203 der Absenkungs-Ventileinheit 14" "schon" anliegt oder noch

in einem kleinen Abstand von dieser angeordnet ist, so daß schon wenige Ansteuerimpulse, durch die der Schrittmotor 96 im Sinne einer Verschiebung des Kolbens 14' in Richtung auf die Absenkungs-Ventileinheit 14" ansteuerbar ist, genügen, um den stoßförmigen Endabschnitt 239 in Anlage mit dem inneren Ventilkörper 203 zu bringen und diesen bei weiterer Ansteuerung des Schrittmotors in derselben Richtung von dem am anderen Ventilkörper 187 angeordneten Ventilsitz 201 abzuheben, so daß die in der Fig. 2b qualitativ dargestellte Konfiguration der Kolben 187 und 203 der Absenkungs-Ventileinheit 14" erreicht wird, in der deren inneres Sitzventil 201, 203 geöffnet ist, während das äußere Sitzventil 187, 191 noch geschlossen ist.

Druckmedium, das im Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 unter einem durch die vom Kolben 13 abgestützte Last sowie durch dessen den Antriebsdruckraum 12 beweglich begrenzende Kolbenfläche bestimmten Druck steht, kann jetzt über den B-Verbraucheranschluß 64, die B-Verbraucheranschlußkammer 118, die Festdrossel 217, den äußeren Druckraum 183 des Gehäuseteils 117, den Innenraum 207, den Längskanal 209 und die Querkäle 211 in den inneren Ringraum 213 der Kolben-Anordnung 187,203 und über den nunmehr freigegebenen Ventilsitz 242 (Fig. 2b) in den drucklosen Tankraum 54' des Hub-Steuerventils 14 und über diesen zum Vorratsbehälter 56 des Druckversorgungsaggregats 52 abströmen, mit der Folge, daß die Hebebühne des Gabelstaplers abgesenkt wird. Unter der Voraussetzung, daß die freie Querschnittsfläche des Ventilsitzes 242 signifikant kleiner ist als der freie Strömungsquerschnitt der Drossel 217, ist die Sinkgeschwindigkeit im wesentlichen durch die Drosselwirkung des inneren Sitzventils 201, 203 bei der jeweils gegebenen Last bestimmt und durch motorgesteuerte Einstellung der Ventilsitz-Weite wählbar. Ist, andererseits, die Drosselwirkung des Ventilsitzes 242 signifikant kleiner als diejenige der Festdrossel 217, so ist bei vorgegebener Last die Absenkungs-Geschwindigkeit durch die Festdrossel 217 bestimmt und auf einen lastabhängigen Maximalwert begrenzt.

Die insoweit erläuterte Art des Absenkungsbetriebes durch feinfühligkeit Einstellung der Drosselwirkung des durch den inneren Ventilkörper 203 und dessen Sitz 201 am äußeren Ventilkörper 187 gebildeten "Vorentlastungs"-Ventils und Begrenzung der maximalen Sinkgeschwindigkeit durch die Festdrossel 217 ist dann zweckmäßig, wenn die abzusenkende Last groß und demgemäß auch der Druck hoch ist, unter dem das Druckmedium im Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 und in der mit diesem in unmittelbar kommunizierender Verbindung stehenden B-Verbraucheranschlußkammer 118 der Absenkungs-Ventileinheit 14" steht.

Ist, andererseits, die abzusenkende Last vergleichsweise gering und demzufolge auch der Druck, unter dem das Hydraulikumedium im Antriebsdruckraum 12 des Hub-Antriebszylinders 11 steht, mit der möglichen

Folge, daß die allein durch Öffnung des Vorentlastungsventils 201, 203 erreichbare Absenkungs-Geschwindigkeit unerwünscht niedrig wäre, kann der wirksame Abström-Querschnitt der Absenkungs-Ventileinheit 14" dadurch vergrößert werden, daß durch weitere Auslenkung des Hauptkolbens 14' auch das weitere, durch den topfhülsenförmigen Ventilkörper 187 und den diesem zugeordneten Ventilsitz 191 gebildete Ventil der Absenkungs-Ventileinheit 14" geöffnet wird und dadurch die qualitativ in der Fig. 2c dargestellte Konfiguration der Ventilkörper 187 und 203 erreicht wird, in der Druckmedium sowohl aus dem durch die beiden Ventilkörper 187 und 203 berandeten Ringraum 213 als auch über den äußeren, durch Abheben des topfhülsenförmigen Ventilkörpers 187 von dem Ventilsitz 191 freigegebenen Ventilsitz 243 direkt aus der B-Verbraucheranschlußkammer 118 in den drucklosen Tankraum 54' abströmen kann.

Der zylindrische Betätigungsabschnitt 238 des Kolben-Fortsatzes 236 ist an seiner mit der ebenen, tankraumseitigen Begrenzungsfläche 196 des Ventilkörpersbodens 194 in Anlage gelangenden Stirnseite mit Einkerbungen 244 versehen, über die Druckmedium aus dem Ringraum 213 auch dann hinreichend ungehindert abströmen kann, wenn der zylindrische Betätigungsabschnitt 238 an dem die zentrale Bodenöffnung 198 umgebenden Randbereich abgestützt ist.

Patentansprüche

1. Hydraulik-Installation an einem Gabelstapler-Fahrzeug mit einem hydraulischen Hub-Antrieb für eine Hebebühne und mindestens einem weiteren hydraulischen Antrieb, insbesondere einem hydraulischen Neigungs-Stellantrieb, mit den Hydraulik-Antrieben einzeln zugeordneten elektrisch ansteuerbaren Ventilanordnungen, mittels derer die für die verschiedenen Bewegungen der Hebebühne erforderlichen Betriebsdrücke und Durchflußmengen steuerbar sind, wobei der Hubantrieb als einfach-wirkender Hydrozylinder ausgebildet ist, dessen Hebe- und Absenkungsbetrieb durch ventilsteuerten Druckmittel-Zustrom zum Antriebsdruckraum bzw. -Abfluß aus diesem Antriebsdruckraum des Hydrozylinders steuerbar ist und hierzu eine Hub-Steuerventilanordnung vorgesehen ist, die aus einer Grundstellung (0), in der der Antriebsdruckraum des Hub-Antriebszylinders sowohl gegen den Druckausgang des Druckversorgungsaggregats als auch gegen dessen Rücklauf (T)-Anschluß abgesperrt ist, in eine dem Anhebungsbetrieb zugeordnete Funktionsstellung (I) steuerbar ist, in der der Antriebsdruckraum des Hub-Antriebszylinders mit dem Druck(P)-Versorgungsausgang des Druckversorgungsaggregats verbunden, jedoch gegen dessen Rücklauf(T)-Anschluß abgesperrt ist, alternativ dazu in eine dem Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders

ders zugeordnete Funktionsstellung(II) steuerbar ist, in der der Antriebsdruckraum des Hub-Antriebszylinders über einen in dieser Stellung freigegebenen Strömungspfad des Ventils mit dem Rücklauf(T)-Anschluß des Druckversorgungsaggregats verbunden, jedoch gegen dessen Druck(P)-Ausgang abgesperrt ist, wobei die Beträge der in den Funktionsstellungen I und II freigegebenen Strömungspfad-Querschnitte steuerbar einstellbar sind und zunehmenden Beträgen der Auslenkungen eines Kolbens der Hub-Steuerventilanordnung aus seiner Mittelstellung zunehmende Beträge der Strömungsquerschnitte der in der jeweiligen Funktionsstellung (I oder II) freigegebenen Strömungspfade entsprechen,

gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

a) die Hub-Steuerventilanordnung ist als Mehr-Wege/3-Stellungs-Ventil (14) ausgebildet, das einen Hauptkolben (14') hat, der mittels eines elektrischen Stellmotors (96) in seine den verschiedenen Funktionsstellungen (0, I und II) der Hub-Steuerventilanordnung (14) entsprechenden Positionen bewegbar ist, die durch formschlüssige Bewegungskopplung des Ventilkolbens (14') mit der Abtriebswelle des Stellmotors (96) in definierter Relation zu den auf eine Referenzposition bezogenen azimuthalen Stellungen des Rotors des Stellmotors stehen;

b) der Stellmotor (96) ist als digital ansteuerbarer Motor ausgebildet, dessen Rotor eine in ein digitales Ansteuersignal codierte azimuthale Position seiner Abtriebswelle zwangsweise erreicht;

c) es ist ein Drucksensor (107) vorgesehen, der für den Druck im Antriebsdruckraum (12) des Hub-Antriebszylinders (11) charakteristische elektrische Ausgangssignale erzeugt, die einer elektronischen Steuereinheit (103) zugeleitet sind, die in Abhängigkeit von den druck- und damit auch last-charakteristischen Ausgangssignalen des Drucksensors (107) eine selbsttätige Begrenzung des Aussteuerhubes des Hauptkolbens (14') des Hubsteuerventils (14) auf einen Betrag vermittelt, dem ein lastgerecht-zulässiger Höchstwert der Anhebe- oder Absenkungsgeschwindigkeit der Hebebühne entspricht, unterhalb dessen ein dynamisch stabiler, im wesentlichen schwingungsfreier, Anhebe- und Absenkungsbetrieb der Hebebühne gewährleistet ist.

2. Hydraulik-Installation nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur mechanischen Antriebskopplung des Stellmotors (96) und des Hauptkolbens (14') der Hub-Steuerventilanordnung (14) ein

nicht-selbsthemmendes Getriebe vorgesehen ist, und daß die Grundstellung (0) des Hauptkolbens (14') durch Rückstellfedern (17 und 18) zentriert ist.

3. Hydraulik-Installation nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das mechanische Getriebe als Spindel-Muttertrieb (94) ausgebildet ist, bei dem vorzugsweise die Spindel (97) als Gewindeabschnitt der Abtriebswelle des Stellmotors (96) ausgebildet ist und die Spindelmutter (98) fest mit dem Kolben (14') verbunden und vorzugsweise einstückig mit dem Kolben ausgeführt ist, der verdreh-sicher im Ventil gehäuse verschiebbar geführt ist.

4. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Auslenkung des Ventil-Hauptkolbens (14') aus seiner Mittelstellung im Sinne eines Übergangs in die dem Absenkungsbetrieb des Hub-Antriebszylinders (11) zugeordnete Funktionsstellung (II) der Hub-Steuerventilanordnung (14) zunächst ein erstes Sitzventil (201,203) in seine Offen-Stellung gelangt, in der ein Druckraum (183) der Hubsteuerventilanordnung (14), der über eine Fest-Drossel (217) mit einer mit dem Antriebsdruckraum (12) des Antriebs-Hydrozylinders (11) in ständig kommunizierender Verbindung stehenden B-Verbraucheranschlußkammer (118) in ständig-kommunizierender Verbindung steht, über den sich zunehmend öffnenden Ventilsplatt (242) dieses ersten Sitzventils in kommunizierende Verbindung mit dem Tank-Anschlußraum (54') des Hub-Steuerventils (14) gelangt, und bei weiterer Auslenkung des Hauptkolbens (14') im Sinne einer Vergrößerung des Querschnittes des Abström-Pfades (108) der Hubsteuerventilanordnung (14) zusätzlich ein zweites Sitzventil (187,191) in seine Offen-Stellung gelangt, über dessen Ventilsplatt (243) die B-Verbraucheranschlußkammer (118) und mit dieser der Antriebsdruckraum (12) des Hub-Antriebszylinders (11) in direkt-kommunizierende Verbindung mit dem Tank-Raum (54') der Hauptsteuerventilanordnung (14) gelangt.

5. Hydraulik-Installation nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das erste Sitzventil (201,203) als in das zweite Sitzventil (187,191) integriertes, durch die Auslenkungs-Verschiebung des Hauptsteuerkolbens (14') entsperbares Rückschlagventil ausgebildet ist.

6. Hydraulik-Installation nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zweite Sitzventil (187,191) als durch die Auslenkungs-Bewegung des Hauptkolbens (14') entsperbares Rückschlagventil ausgebildet ist, das ab einer Mindest-Auslenkung des Kolbens durch dessen Anschlagwirkung mit dem Ventilkörper (187) des zweiten Sitzventils

(187,191) in seine Offen-Stellung gelangt, in welcher mit zunehmender weiterer Auslenkung des Kolbens (14') der Öffnungsquerschnitt des Ventilspalts (243) des zweiten Sitzventils (187,191) weiter zunimmt, der Öffnungsquerschnitt des Ventilspalts (242) des ersten Sitzventils (201,203) jedoch konstant bleibt.

7. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zweite Sitzventil (187,191) als Kegel-Sitzventil ausgebildet ist, das einen topfhülsen-förmigen Ventilkörper (187) hat, der mit einem zylindermantelförmigen Ventilkörper-Abschnitt (199) das Gehäuse für den seinerseits topfhülsenförmigen Ventilkörper (203) des ersten Sitzventils (201,203) bildet, der ebenfalls einen kegelmantelförmigen Dichtkörper (202) hat, der mittels einer Ventilsfeder (216) gegen einen kreislinienförmigen Ventilsitz (201) am Boden (194) des Ventilkörpers (187) des zweiten Sitzventils gedrängt wird, innerhalb dessen durch einen sitznahen Abschnitt des Ventilkörpers (187) des zweiten Sitzventils (187,191) und eine dem Durchmesser nach kleinere Kolbenstufe (212) des Ventilkörpers (203) des ersten Sitzventils (201, 203) ein Ringraum (213) begrenzt ist, der über Querkanaäle (211) des Ventilkörpers (203) des ersten Sitzventils (201,203) mit dem äußeren Druckraum (183) der Hub-Steuerventilanordnung (14) in ständig-kommunizierender Verbindung steht.

8. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der/die weitere(n) Hydraulik-Antrieb(e) jeweils mittels eines doppelt wirkenden Hydrozylinders oder mittels eines im Gegentakt betreibbaren Hydrozylinder-Paares realisiert ist/sind, der/die mittels je eines Mehrwege/3-Stellungs-Magnetventils steuerbar ist/sind, dessen Steuermagnetsystem als Doppelhub-System mit zwei Erregerwicklungen ausgebildet ist, durch deren alternative Bestromung auf den Ventilkörper in alternativen Richtungen wirkende Stellkräfte ausübbar sind, wobei der Kolben des Ventils eine der Grundstellung 0 des Ventils entsprechende federzentrierte Mittelstellung hat, die dem stillgesetzten Zustand des jeweiligen Antriebes entspricht, und alternative Richtungen der Kolben-Auslenkung den alternativen Funktionsstellungen I und II zugeordnet sind, die den alternativen Antriebsrichtungen des jeweiligen Antriebes entsprechen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ventil (33,34,36) als impulsbreitenmoduliertes Ventil ausgebildet ist, bei dem die Erregerwicklungen in fortlaufender, rascher alternierender Folge für unterschiedliche Zeitspannen T₁ und T₂ erregbar sind, so daß Richtung und Betrag der Auslenkung des Ventilkolbens, durch die für eine ausgewählte Funktionsstellung des Ventils ein definierter Strömungsquerschnitt bzw. -Widerstand eingestellt werden soll, durch das Verhältnis der Erregungszeiten T₁ und T₂ bestimmt ist, wobei der Grundstellung des beweglichen Kolbens das Verhältnis T₁/T₂ = 1 zugeordnet ist, und die Summe T₁ + T₂ der Erregungszeitspannen, für die die Erregerwicklungen (38 und 39) periodisch bestromt werden, hinreichend klein gewählt ist, so daß die Auslenkungsamplituden der in den effektiven Gleichgewichtslagen sich ergebenden Bewegungen des Ventilkolbens signifikant kleiner sind als der maximale Aussteuerhub desselben, wobei die Summe der Ansteuerzeiten T₁ + T₂ einem vorgebbaren konstanten Wert T, d.h. einer Modulations-Frequenz f_m = 1/T entspricht, des weiteren als Erregerströme für die beiden Erregerwicklungen gepulste Gleichströme verwendet werden, deren Impulsfolgefrequenz f_i mindestens 10x und vorzugsweise 50 bis 100x größer ist als die Modulationsfrequenz f_m, und daß das Verhältnis T₁/T₂ zwischen 1/100 und 100/1 veränderbar ist.

9. Hydraulik-Installation nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenz f_m, mit der die Modulationsimpulse der unterschiedlichen Dauern T₁ und T₂ erzeugbar sind, mindestens 200 Hz und vorzugsweise zwischen 400 Hz und 1000 Hz beträgt, und daß die Impulsfolgefrequenz f_i zwischen 5 und 10 kHz beträgt.

10. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hub-Steuerventil (14) und das/die weitere(n) Steuerventil(e) (33,34,36) je einen Last(X)-Sensierungsanschluß(57) haben, der in der Grundstellung (0) des jeweiligen Ventils (14,33,34,36) mit dem Rücklauf(T)-Anschluß (53) des jeweiligen Steuerventils (14,33,34,36) und in den alternativen Funktionsstellungen (I und II) des jeweiligen Steuerventils (14,33,34,36) entweder mit dem einen Verbraucheranschluß (63) oder mit dem anderen Verbraucheranschluß (64) des jeweiligen Steuerventils (14,33,34, 36) verbunden ist, daß diese Last(X)-Sensierungsanschlüsse (57) mit Zulauf-Anschlüssen (58,61,69,71) je eines Wechselventils (59,68,72) verbunden sind, die eine Druck-Vergleichsanordnung bilden, über die der jeweils höchsteensierte Betriebsdruck dem Last-Anschluß (78) einer Druckwaage (79) zugeleitet ist, deren Referenz-Druckanschluß (81) an den Druckausgang (51) des Druckversorgungsaggregats (52) angeschlossen ist.

11. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein das Gehäuse für mindestens das Hub-Steuerventil (14) und vorzugsweise auch für weitere Steuerventile (33,34,36) bildender Steuerblock (110) einen mehr-

schichtigen Aufbau aus Segmentblechen (122₁ bis 122₁₄) hat, die mit ihren breiten Längs-Begrenzungsflächen hart aneinander angelötet sind und mit Ausnehmungen versehen sind, durch deren Konturenverlauf und Anordnung zueinander die Querschnittsformen und die lichten Abmessungen von Querkänen und Längskänen sowie von Ventilkänen und Steuerkammern innerhalb des Steuerblocks (110) vorgegeben sind.

5

10

12. Hydraulik-Installation nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das eine äußere, "erste" Segmentblech (122₁) und weitere innerhalb des Steuerblocks (110) angeordnete Segmentbleche (122₂ bis 122₈) mit kreisrunden Öffnungen (123₁ bis 123₈) gleichen Durchmessers versehen sind, die in miteinander fluchtender Anordnung einen als Druck(P)-Versorgungsanschluß dienenden Querkanal (132) bilden, der in einen Längsschlitz (124) des nach innen folgenden Segmentbleches (122₉) mündet, der die Druckversorgungsleitung (49) bildet, die zu den Druck(P)-Versorgungsanschlüssen (48) der einzelnen Steuerventile (11,13,34,36) führt.

15

20

25

13. Hydraulik-Installation nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß das eine äußere, "erste" Segmentblech (121₁) und weitere, innerhalb des Steuerblocks (110) angeordnete Segmentbleche (122₂ bis 122₅) mit kreisrunden Öffnungen (131₁ bis 131₅) versehen sind, die in miteinander fluchtender Anordnung den Rücklauf(T)-Anschlußkanal (131) bilden, der in die ihrerseits durch schlitzförmige Ausnehmungen berandete Rücklaufleitung (54) mündet, an die die Steuerventile (14,33,34 und 36) angeschlossen sind.

30

35

14. Hydraulik-Installation nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck(P)-Versorgungsanschlußstutzen (48') und/oder der Rücklauf (T)-Anschlußstutzen (53') in einen äußeren Abschnitt des P-Versorgungs-Querkanales (123) bzw. des Rücklauf (T)-Rücklaufkanals (131) des Steuerblocks (110) eingelötet ist/sind.

40

45

50

55

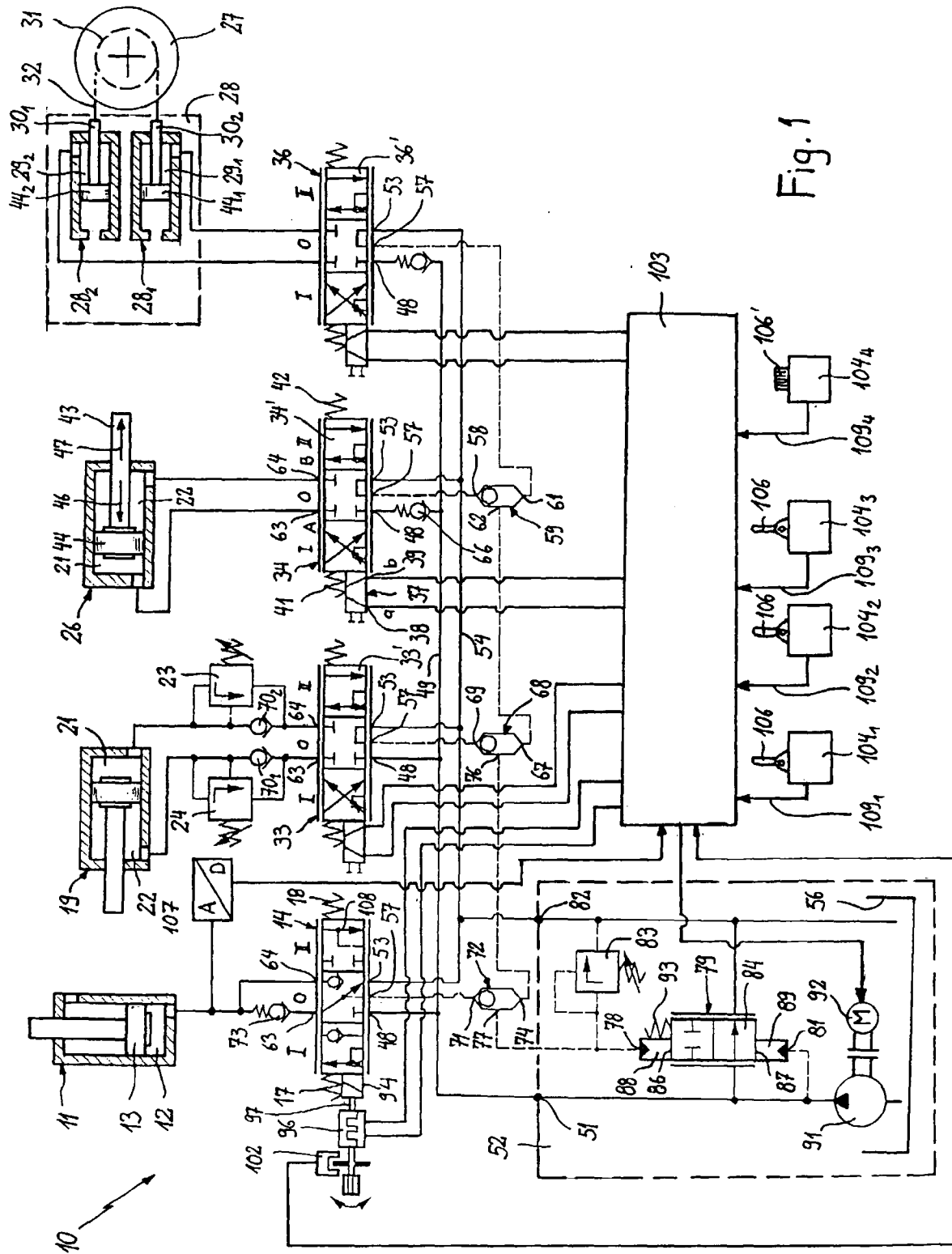


Fig. 1

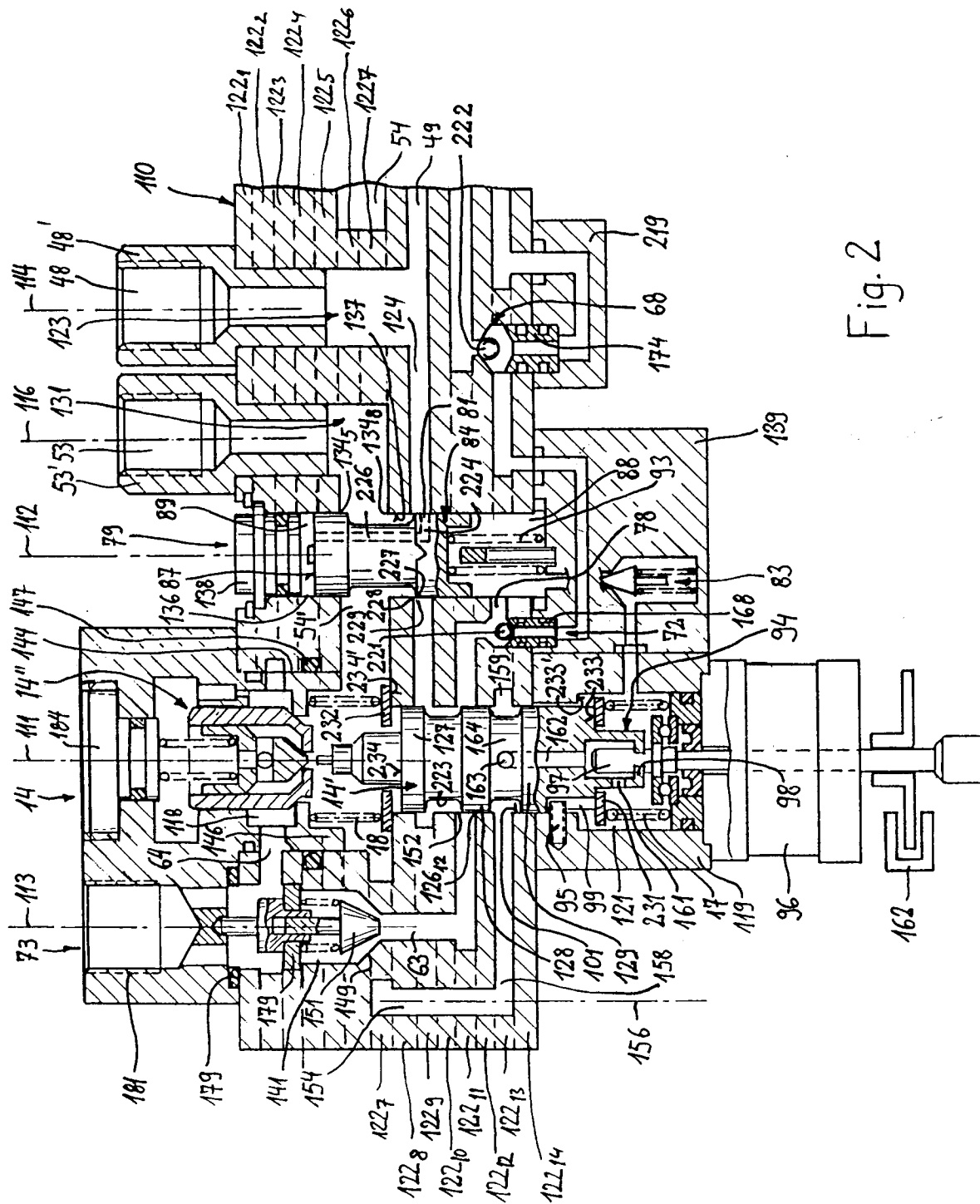


Fig. 2

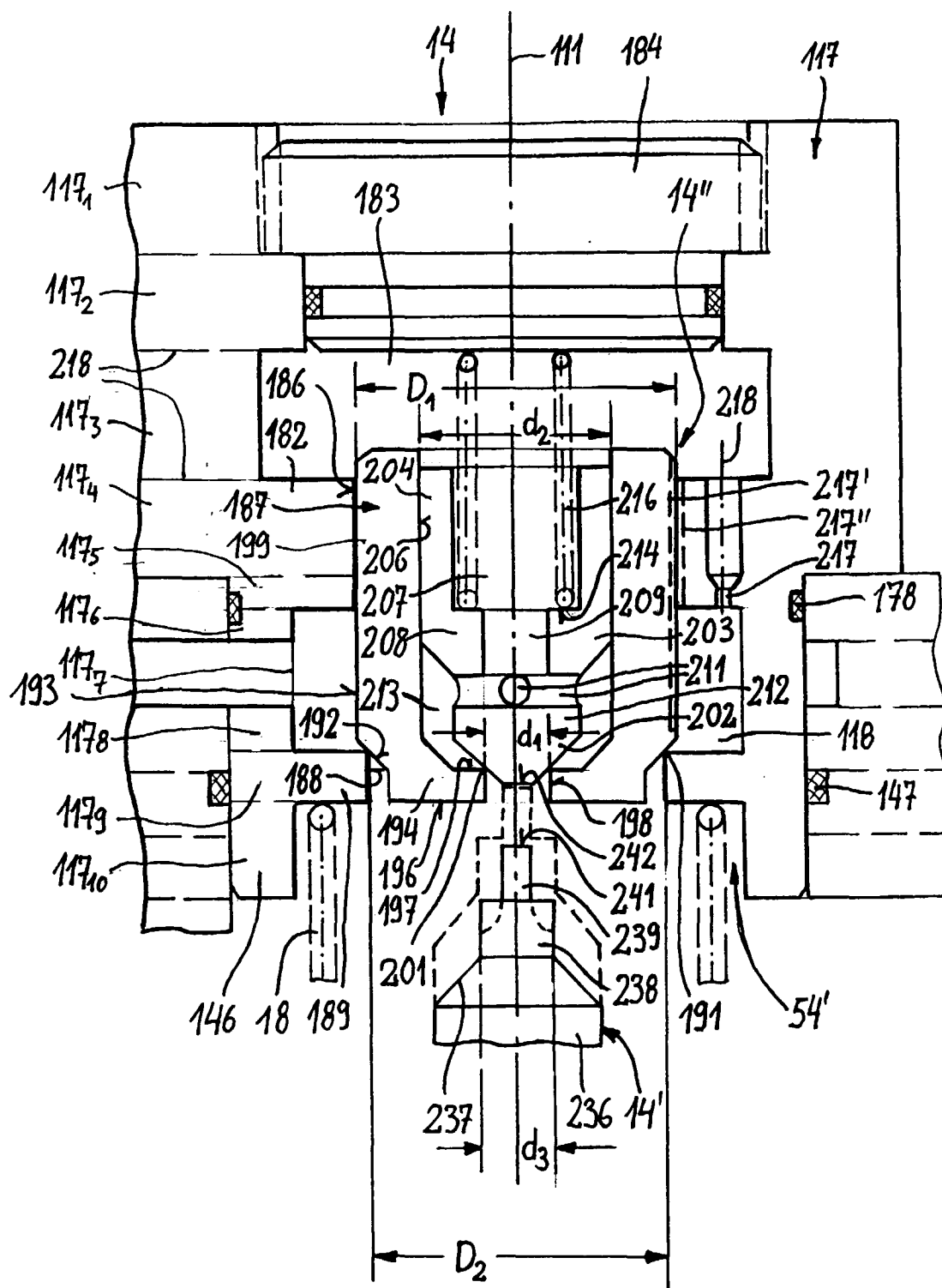


Fig. 2a

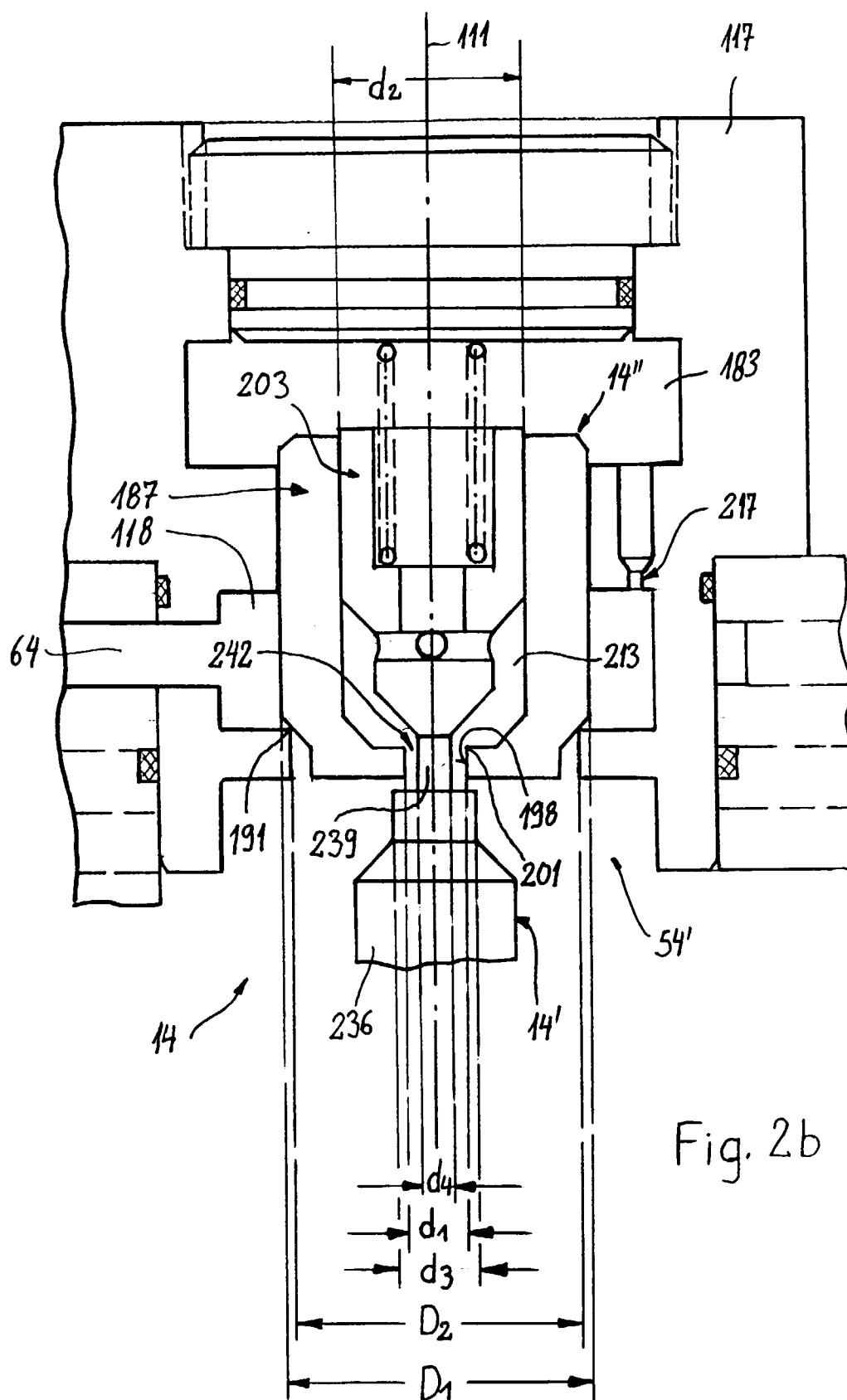


Fig. 2b

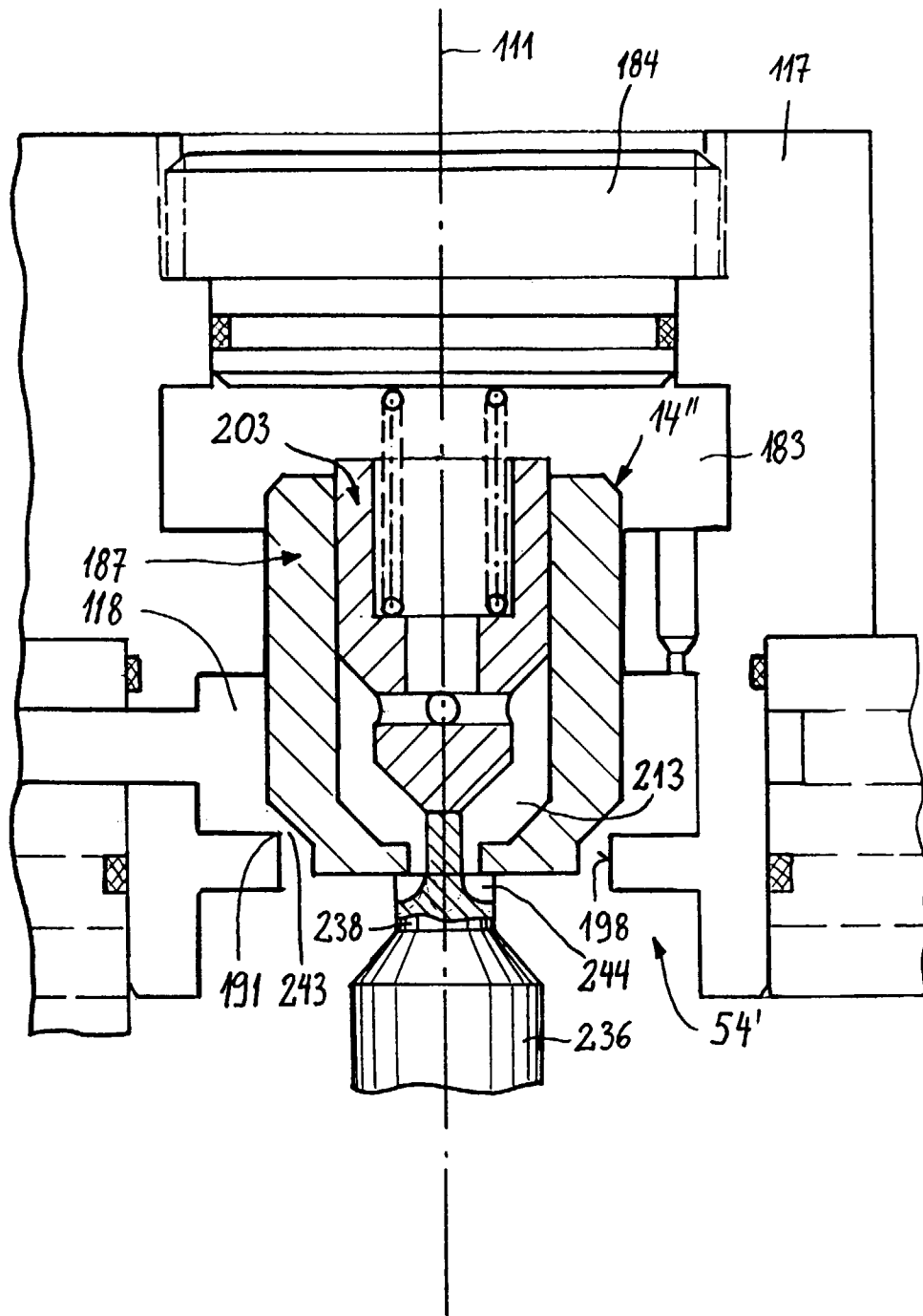


Fig. 2c

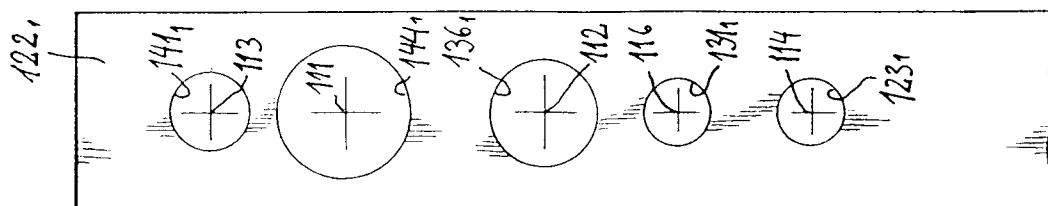


Fig. 3a

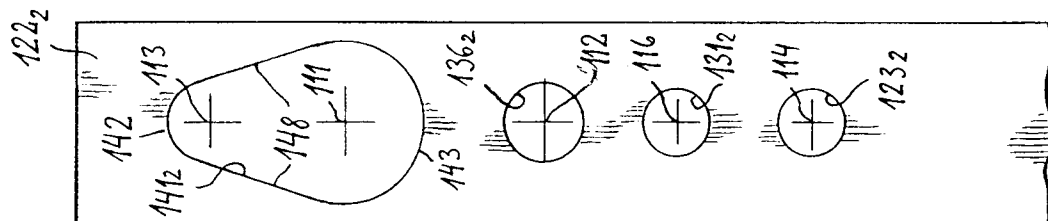


Fig. 3b

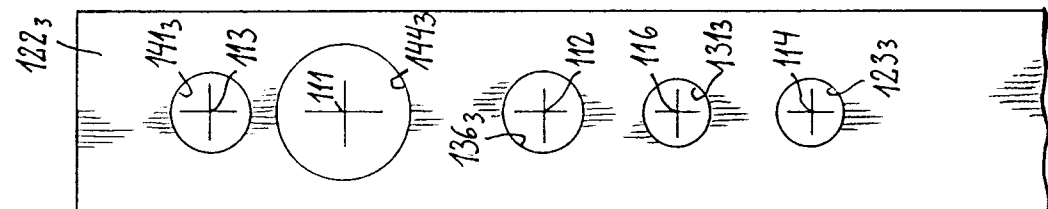


Fig. 3c

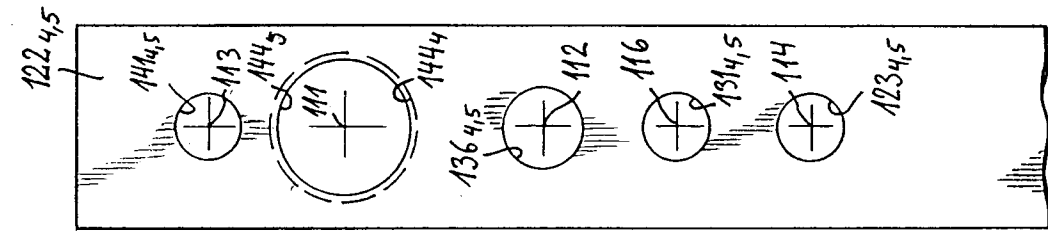


Fig. 3d

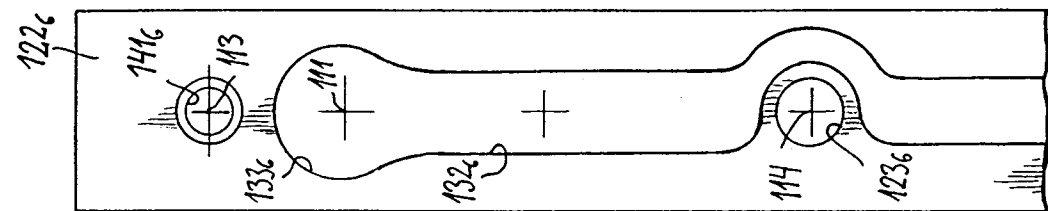


Fig. 3e

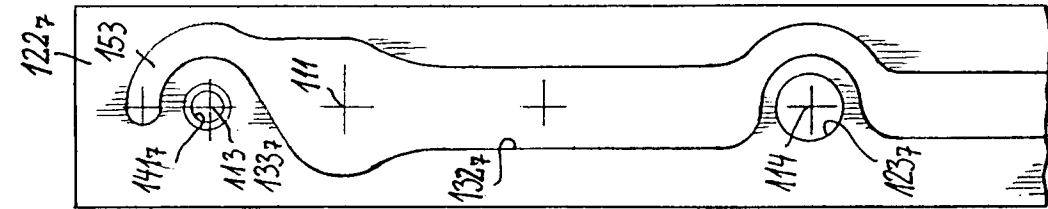


Fig. 3f

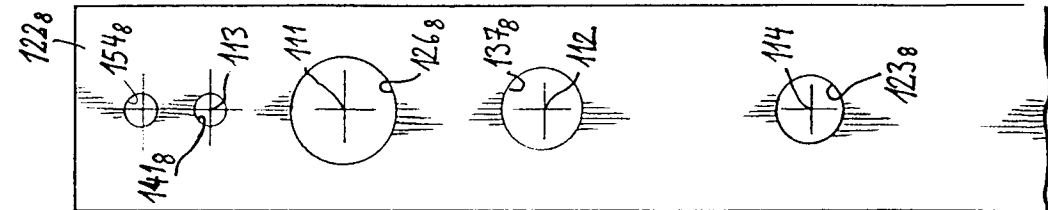


Fig. 3g

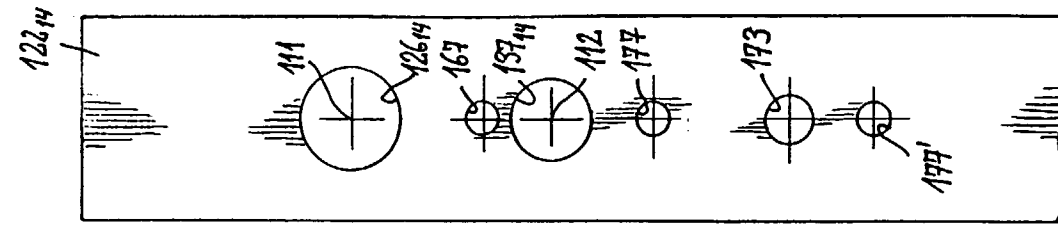


Fig. 3m

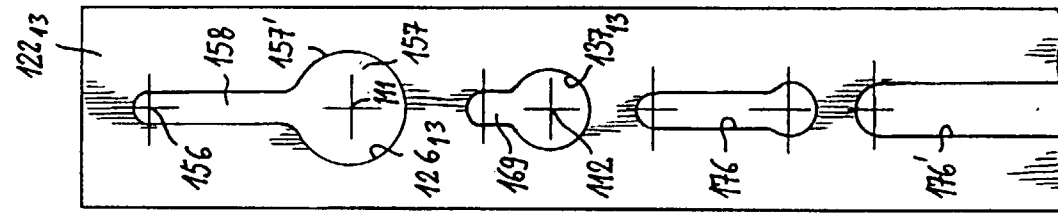


Fig. 3l

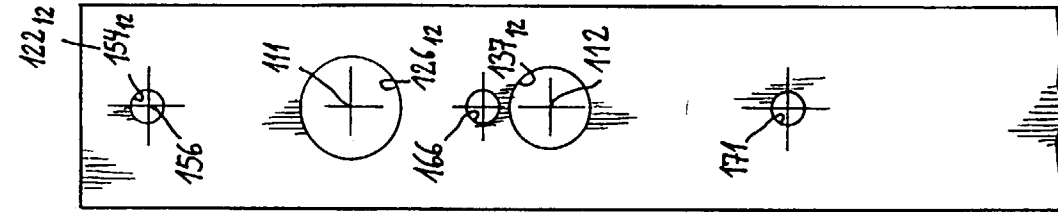


Fig. 3k

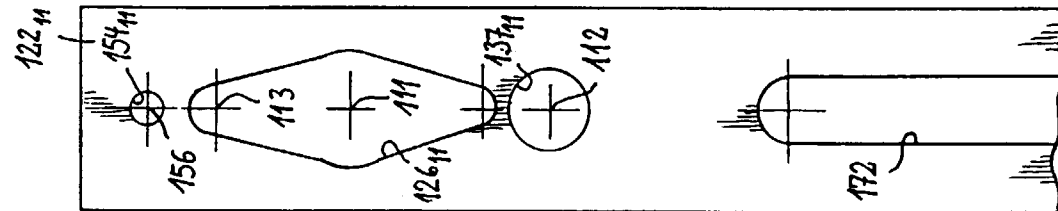


Fig. 3j

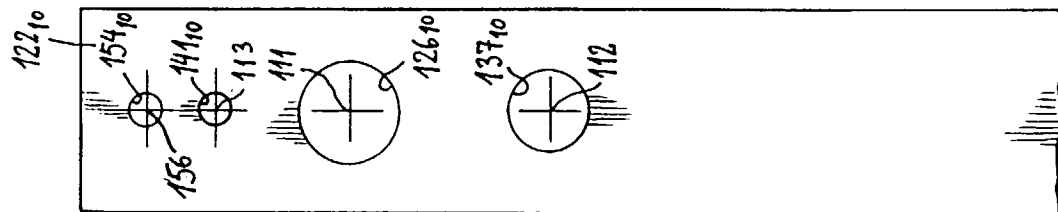


Fig. 3i

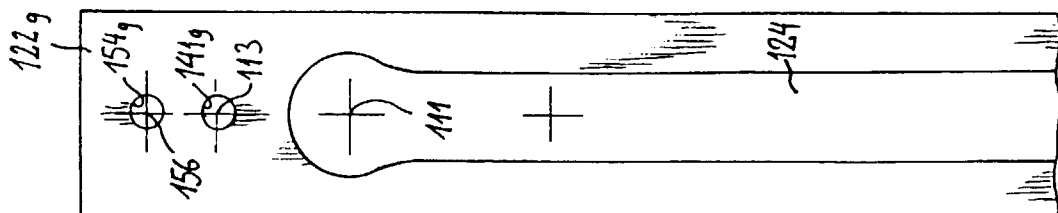


Fig. 3h