



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: 85100565.2

 Int. Cl.⁴: **F 04 D 15/00**
G 05 D 27/02

 Anmeldetag: 21.01.85

 Priorität: 23.01.84 DE 3402120

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 31.07.85 Patentblatt 85/31

 Benannte Vertragsstaaten:
 AT BE CH DE FR GB IT LI NL

 Anmelder: RHEINHÜTTE vorm. Ludwig Beck GmbH & Co.
 Rheingaustrasse 96-100 Postfach 129163
 D-6200 Wiesbaden-Biebrich(DE)

 Erfinder: Auchter, Bruno
 Fontane Strasse 23
 D-6500 Mainz 31(DE)

 Erfinder: Voss, Klaus Jürgen
 Heinrich Heine Strasse 23
 D-6227 Oestrich-Winkel(DE)

 Erfinder: Sokolowsky, Peter, Dr.
 Usingerstrasse 41
 D-6370 Oberursel 4(DE)

 Erfinder: Schneider, Klaus
 Erlenstrasse 6
 D-6368 Bad Vilbel-Dortelweil(DE)

 Erfinder: Duchmann, Roger
 Bahnhofstrasse 33
 D-6234 Hattersheim 2(DE)

 Erfinder: Peterseim, Michael
 Taunusstrasse 25
 D-6369 Niederdorfelden(DE)

 Vertreter: Mey, Klaus-Peter
 Patentanwalt Dr. Klaus-Peter Mey Aachener Strasse 712
 D-5020 Frechen-Königsdorf(DE)

 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung verschiedener Betriebsparameter bei Pumpen und Verdichtern.

 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung verschiedener Betriebsparameter, insbesondere der Förderhöhe H, des Förderstroms Q, des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n, bei Pumpen und Verdichtern, vorzugsweise Kreiselpumpen und Ventilatoren.

Nach dem bekannten Stand der Technik werden die Regelgrößen für eine Regelung des Förderstroms Q und der Förderhöhe H im Fördermedium selbst gemessen. Die Meßfühler unterliegen an ihrem Einsatzort starken Beanspruchungen und verursachen durch die aufwendige Meßtechnik erhebliche Kosten. Die Erfindung löst diese Probleme dadurch, daß die Regelung nach Kennlinien der Betriebsparameter gemäß der gewünschten Betriebsart erfolgt, wobei die Messung einzelner Betriebsparameter zur Berechnung der Stellgröße außerhalb des Fördermediums erfolgt. Zweckmäßigerweise werden die Drehzahl n und der Leistungsbedarf P als elektrische Meßgrößen zur Beschreibung der Kennlinien verwendet. Die ermittelten Kennlinien bzw. Kennfelder werden in einen Rechner fest einprogrammiert.

DR.-ING. KLAUS-PETER MEY

0150068
PATENTANWALT
EUROPEAN PATENT ATTORNEY

Anlage zum Patentgesuch der
RHEINHÜTTE vorm. Ludwig Beck GmbH & Co.
D-6200 Wiesbaden, DE
vom 18. Januar 1985

DIPL.-ING. · DIPL.-WIRTSCH.-ING.
AACHENER STRASSE 712
5020 FRECHEN-KÖNIGSDORF
TELEFON 022 34-63399
TELEFAX /
TELECOPIER 022 34-63400

RH/85/1EP

Verfahren und Vorrichtung zur Regelung verschiedener
Betriebsparameter bei Pumpen und Verdichtern

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine
Vorrichtung zur Regelung verschiedener Betriebspara-
meter, insbesondere der Förderhöhe H , des Förderstroms
 Q , des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n , bei
5 Pumpen und Verdichtern, vorzugsweise Kreiselpumpen und
Ventilatoren.

Kreiselpumpen haben die Aufgabe, einen bestimmten
Flüssigkeitsstrom pro Zeiteinheit auf ein höheres
10 Druckniveau zu fördern. Die dem Pumpenmotor zugeführte
elektrische Energie wird in mechanische Energie umge-
wandelt und an die Förderflüssigkeit übertragen. Durch
die Fliehkrafteinwirkung eines rotierenden Laufrades
kommt es zu einer Förderung und Drucksteigerung.

Die charakteristischen Betriebsparameter einer Pumpe sind der Förderstrom Q , die Förderhöhe H , der Leistungsbedarf P sowie die Drehzahl n . Der Förderstrom Q stellt die in der Zeiteinheit geförderte Flüssigkeits-
5 menge dar. Die Einheit des Förderstroms ist m^3/h . Die Förderhöhe H charakterisiert die Zunahme des Energieinhaltes beim Durchgang durch die Pumpe. Sie wird in Meter angegeben und ist unabhängig von der Dichte. Der Leistungsbedarf P entspricht der von der Pumpe an der
10 kupplung aufgenommenen Leistung in KW.

Das Verhalten der Kreiselpumpen im Betrieb läßt sich aus ihren Kennlinien bestimmen. Den Zusammenhang
zwischen Förderstrom und Förderhöhe bei konstanter
15 Drehzahl gibt die Q-H-Kurve wieder. Wichtig für die Beurteilung des Betriebszustandes ist außerdem noch die Q-P-Kennlinie.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten um den Betriebspunkt einer eingebauten Kreiselpumpe in einer Anlage zu ermitteln. Zum einen kann der Betriebspunkt über die Messung des Förderstroms ermittelt werden. Dabei
wird der Förderstrom direkt mit einer in der Leitung eingebauten Meßeinrichtung gemessen. Ferner kann er
25 durch die Niveauabnahme im Saugbehälter oder durch die Zunahme im Druckbehälter pro Zeiteinheit bestimmt werden. Der Betriebspunkt einer Kreiselpumpe kann aber auch durch Druckmessung bestimmt werden. Dabei wird
die Differenz des Druckes zwischen dem Austritts- und
30 dem Eintrittsquerschnitt der Pumpe gemessen. Die Förderhöhe erhält man dann durch Quotientenbildung zwischen Druckdifferenz und Dichte des Fördermediums und einer Korrekturrechnung. Weiterhin besteht die

Möglichkeit den Betriebspunkt einer Kreiselpumpe durch elektrische Messung zu bestimmen, wobei aus einer Strom- und Spannungsmessung die abgegebene Motorleistung unter Berücksichtigung der Leistungsfaktoren des Motors berechnet wird. Zur Vermeidung von Schäden sollten Kreiselpumpen möglichst im Bereich des ermittelten Betriebspunktes je nach gewünschter Betriebsart gefahren werden.

Im allgemeinen werden die Pumpen auf konstanten Förderstrom bzw. konstante Förderhöhe eingestellt, wobei der Förderstrom bzw. die Förderhöhe durch Meßfühler im Fördermedium bestimmt werden. Je nach Art des zu fördernden Mediums bzw. den spezifischen Bedingungen am Einsatzort der Meßfühler werden an deren Materialeigenschaften erhöhte Anforderungen zu stellen sein. Abgesehen von hohen Kosten für solche verschleiß- und korrosionbeständigen Materialien handelt es sich hierbei um ein störanfälliges Meßverfahren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Nachteile nach dem bekannten Stand der Technik zu vermeiden und ein Verfahren sowie eine Vorrichtung vorzustellen, womit insbesondere Pumpen und Ventilatoren je nach Konstruktion und Verwendungsfall hinsichtlich ihrer verschiedenen Betriebsparameter auf einfache Weise eingestellt, bzw. einzelne Betriebsparameter verändert werden können. Ferner soll die Regelung den Einsatz von Mikroprozessoren und Frequenzumrichtern ermöglichen.

Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der gestellten Aufgabe dadurch, daß die Regelung nach Kennlinien der

- Betriebsparameter gemäß der gewünschten Betriebsart erfolgt, wobei die Messung einzelner Betriebsparameter zur Berechnung der Stellgröße außerhalb des Fördermediums erfolgt. Mit dieser Methode kann vorteilhaft
- 5 auf Durchfluss- und oder Druckmeßgeräte verzichtet werden, die im allgemeinen zum Schutz gegen aggressive Fördermedien mit beständiger Auskleidung aus hochwertigen Werkstoff gefertigt sein müssen.
- 10 In Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft vorgesehen, daß die Drehzahl n und der Leistungsbedarf P als elektrische Messgrößen zur Berechnung der Stellgröße verwendet werden. Die genannten Werte lassen sich auf besonders einfache Weise messen.
- 15 Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Förderstrom Q und die Förderhöhe H als elektrische Meßgrößen zur Beschreibung der Kennlinien verwendet werden.
- 20 Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung sieht vor, daß zwei dreidimensionale Kennfelder aufgestellt werden, und zwar die Förderhöhe H als Funktion des Förderstroms Q und der Drehzahl n ,
- 25 und der Leistungsbedarf P als Funktion des Förderstroms Q und der Drehzahl n .
- 30 Ferner kann die Erfindung dadurch mit weitergebildet werden, daß zwei dreidimensionale Kennfelder aufgestellt werden, und zwar die Förderhöhe H als Funktion des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n , und der Förderstrom Q als Funktion des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n .

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Kennfelder des Leistungsbedarfs P sowie der Förderhöhe H mittels eines Meßpunktrasters aufgenommen werden.

5

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft vorgesehen, daß die Kennfelder einmal aufgestellt und in einem Rechner pumpenspezifisch fest einprogrammiert werden.

10

In Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorteilhaft vorgesehen, daß es für die Fördermengenregelung bei der Regulierung von Heißwassergeräten verwendet wird.

15

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Regelung zur Einhaltung eines maximalen Förderstromes verwendet wird.

20

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Regelung zur Einhaltung eines konstanten Förderstromes verwendet wird.

25

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft vorgesehen, daß die Regelung zur Konstanthaltung eines Füllstandsniveaus dient.

30

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft vorgesehen, daß die Regelung zur Erreichung eines maximalen Wirkungsgrades bei Angabe eines zulässigen Bereiches eingesetzt wird.

Vorteilhaft wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Regelung zur Konstanthaltung

18.1.1985

- 6 -

RH/85/1EP

der Leistungsaufnahme verwendet wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird das Verfahren mit großem Vorteil zur Konstanthaltung der Förderhöhe verwendet.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Regelung verschiedener Betriebsparameter, insbesondere der Förderhöhe, des Förderstroms, des Leistungsbedarfs und der Drehzahl, bei Pumpen und Verdichtern, vorzugsweise Kreiselpumpen und Ventilatoren, weist einen Rechner, eine Zifferntastatur, Funktionstasten und eine Anzeigeneinheit auf, wobei zweckmäßigerweise als Funktionstasten eine Eingabetaste, eine Abfragetaste, eine Lösch taste, eine Förderstromtaste, eine Förderhöhentaste, eine Drehzahl taste und eine Leistungstaste vorgesehen sind, wobei die Zifferntastatur als Tastenfeld ausgebildet ist und die Anzeige aus mehreren Segmenten besteht.

Mit Vorteil werden im Rechner Programmkarten als Steckmodule verwendet, und die Tastatur ist als Folientastatur ausgebildet. Eine derartige Ausbildung der Regeleinrichtung eignet sich besonders für den Einsatz unter rauen Betriebsbedingungen. Reparaturanfällige Teile des Rechners können auf einfache Weise sowie kostengünstig ausgewechselt oder verändert werden.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Erläuterung mehrerer in den Zeichnungen schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele.

18.1.1985

- 7 -

RH/85/1EP

Es zeigen:

- 5 Fig. 1 Blockschaltbild eines Regelungscomputers
- Fig. 2 Ablaufplan des Regelprozesses
- Fig. 3 Schematische Darstellung der rechnerischen
10 Zusammenhänge der einzelnen Kennfelder
- Fig. 4 Mengenregelung einer Kreiselpumpe zur
 Regulierung der Heißwassertemperatur
- 15 Fig. 5 Regelung einer Kreiselpumpe auf konstante
 Förderhöhe
- Fig. 6 Regelung einer Kreiselpumpe auf maximalen
 Förderstrom
- 20 Fig. 7 Regelung einer Kreiselpumpe auf konstanten
 Förderstrom
- Fig. 8 Regelung einer Kreiselpumpe auf konstanten
 Förderstrom bei Zusetzen eines Filters
- 25 Fig. 9 Regelung einer Umwälzpumpe auf konstanten
 Förderstrom bei festgelegten Betriebs-
 grenzen
- 30 Fig. 10 Regelung einer Kreiselpumpe zur
 Konstanthaltung eines Füllstandsniveaus

18.1.1985

- 8 -

RH/85/1EP

Fig. 11 Regelung einer Kreiselpumpe auf maximalen Wirkungsgrad bei Angabe eines zulässigen Bereiches

5 Fig. 12 Regelung einer Kreiselpumpe auf konstante Leistung

Die in Figur 1 dargestellte Regelungseinrichtung weist
10 einen Mikrorechner 1 auf, der Regelungsfunktionen ausführt und bedient werden kann. Die Kommunikation mit dem Rechner erfolgt über eine Bedienungs- und Anzeigeeinheit 2, die im einzelnen aus einer Zifferntastatur, einer Anzeige, Funktionstasten und Kontrollleuchten besteht. Über einen peripheren Interface
15 Adapter 3 steht die Bedienungs- und Anzeigeeinheit 2 mit dem Rechner 1 in Verbindung. Über die Bedieneinheit 2 kann der Rechen- und Regelprozeß gestartet, verändert oder gestoppt werden. Bei Betrieb der Pumpe
20 4, die über einen Motor 5 angetrieben wird, werden Leistung P und Drehzahl n kontinuierlich gemessen, und zwar liegen diese Werte entweder als Spannungssignale oder als Stromsignale vor und sind über das Stellglied 6 beeinflussbar. Zu Beginn des Betriebes der Pumpe
25 beziehungsweise des Regelprozesses wird entschieden, in Abhängigkeit welcher Größe geregelt werden soll, nämlich, nach der Drehzahl n , der Leistung P , dem Förderstrom Q oder der Förderhöhe H . Die Meßsignale 7, 8 für Leistung und Drehzahl liegen beispielsweise,
30 sofern diese als Spannungssignale verwendet werden, zwischen 0-10 Volt vor. Über einen Meßstellenumschalter 9 gelangen die Meßsignale auf einen Analog-Digital-Wandler 10. Der Meßstellenumschalter 9 wird

vom Mikrocomputer 1 über den peripheren Interface Adapter 11 und eine Steuerleitung 12 so gesteuert, daß dieser die gewünschte Meßleitung durchschaltet. Im A/D- Wandler 10 wird das analoge Meßsignal 13 in eine digitale Größe 14 umgewandelt und gelangt über den peripheren Interface Adapter 11 in den Mikrocomputer 1, um dort verarbeitet zu werden. Der Rechner 1 führt den Rechen- und Regelprozeß aus (gemäß Figur 2 und 3). Der digitale Ergebniswert 15 gelangt über einen peripheren Interface Adapter 16 zu einem Digital- Analog- Wandler 17. Der D/A- Wandler 17 wandelt die digitale Größe 18 in ein Analogsignal 19 um, beispielsweise ein Spannungssignal zwischen 0-10 Volt. Das Ausgangssignal 19 wird nun auf das Stellglied 6 gegeben. Dieses Stellglied 6 ist ein Antriebsumrichter und stellt die Drehzahl des Pumpenmotors ein. Der Antriebsumrichter 6 gibt außerdem die aktuellen Meßwerte für n und P als Spannungssignale 7, 8 aus. Der Regelprozeß kann ebenso über Stromsignale geführt werden. Mit dem Messen dieser Werte beginnt der Rechen- und Regelprozeß von neuem.

Figur 2 beschreibt den Ablaufplan des Regelprozesses, der mit einer Sollwertvorgabe 31 beginnt, wobei entweder die Drehzahl n, die Pumpenleistung P, der Förderstrom Q oder die Förderhöhe H vorgegeben werden. Wie in Fig. 1 beschrieben, werden nun Ist- Werte für die Drehzahl und die Pumpenleistung in einem 1. Schritt 32 gemessen. In Stufe 33 werden die Ist- Werte für den Förderstrom Q oder die Förderhöhe H aus den Ist- Werten für die Drehzahl n und die Pumpenleistung P über Flächenfunktionen berechnet. In einem 4. Schritt 34 wird die Regeldifferenz gebildet. In einem

5. Schritt 35 wird der Stellwert mit einem PI- Regelalgorithmus berechnet. In einem 6. Schritt 36 wird die Stellgröße gebildet und auf das Stellglied aufgegeben, wobei die Pumpenleistung P, der Förderstrom Q, und die Förderhöhe H wiederum über Flächenfunktionen in Drehzahl n umgewandelt werden. Die Ja- Nein-Abfrage 37 ergibt entweder, daß neue Ist- Werte von n und P bei Stufe 32 gemessen werden, oder führt dazu, daß die Frage nach dem Ende nach der Abtastzeit wiederholt wird.

Figur 3 zeigt modellhaft die rechnerischen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Betriebsparametern. Dabei werden zwischen den Hauptachsen Q, -n, sowie H und P die Kennfelder 40 und 41 aufgespannt. Kennfeld 40 stellt die Flächenfunktion für die Förderhöhe $H = f(Q, n)$ dar und Kennfeld 41 die Flächenfunktion für die Leistung $P = f(Q, n)$. Die Linie 42 stellt die Förderhöhe H bei $Q = \text{konstant}$ dar, die Linie 43 gilt für $H = \text{konstant}$. Die Linie 44 stellt die Pumpenleistung P für $Q = \text{konstant}$ dar, während die Linie 45 P für $H = \text{konstant}$ bedeutet. Die Kennfelder 40, 41 weisen starke, nichtlineare Krümmungen auf und liegen räumlich übereinander, da sie die gleichen Abhängigkeiten n und Q besitzen. Für konstante Meßwerte Q und n kann nur ein einziger Funktionswert P und nur ein einziger Funktionswert H ermittelt werden. Da es sich um eine eindeutige Zuordnung handelt, liegen die Funktionswerte P und H exakt übereinander. Hieraus ergibt sich, daß aus zwei gemessenen der verwendeten 4 Betriebsparameter die beiden fehlenden errechnet werden können. Als Meßwerte stehen erfindungsgemäß die Drehzahl und die Leistungsaufnahme zur Verfügung.

Zwischen den einzelnen Betriebsparametern besteht die bekannte formelmäßige Beziehung:

$$P = \frac{Q \cdot \rho \cdot H \cdot g}{\eta}$$

mit Q = Förderstrom in m^3/s
 H = Förderhöhe in m
 ρ = spez. Gewicht in Kg/m^3

Die Drosselkurven $H = f(Q)$ einer Pumpe, die mit verschiedenen Drehzahlen betrieben wird, unterliegen einem Ähnlichkeitsgesetz. Jedem Punkt $H = f(Q)$ einer Kurve mit der Drehzahl n ist ein Leistungspunkt P zugeordnet. Sowohl der Punkt $H = f(Q)$ als auch die dazugehörige Leistung P bei der Drehzahl n läßt sich in einem Punkt $H_x = f(Q_x)$ und $P_x = f(Q_x)$ bei der Drehzahl n_x umrechnen.

Dabei ist:

$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{n_x}{n} \quad ; \quad \frac{H_x}{H} = \left(\frac{n_x}{n} \right)^2 \quad ; \quad \frac{P_x}{P} = \left(\frac{n_x}{n} \right)^3$$

Der Figur 3 ist zu entnehmen, daß jedem Punkt der Fläche $H = f(Q, n)$ ein Punkt der Fläche $P = f(Q, n)$ zugeordnet ist.

Die Ermittlung der Flächen erfolgt auf dem Prüfstand durch das Aufnehmen verschiedener Drosselkurven $H = f(Q)$ bei den Drehzahlen

$$n_1, n_2, n_3, \dots \text{ und } P = f(Q) \text{ bei den Drehzahlen} \\ n_1, n_2, n_3, \dots$$

5 Aus den Meßwerten werden die beiden Flächengleichungen
ermittelt und in expliziter Form in einem elektro-
nischen Speicherelement (EPROM) hinterlegt. Ein Regel-
ungscomputer, der mit diesem EPROM ausgerüstet wird,
benötigt nun durch den eindeutigen Zusammenhang der
beiden Flächen lediglich die Meßgrößen P und n und
10 kann damit die hydraulischen Größen Q und H ermitteln.

Es ist damit also möglich, eine Förderhöhe H vorzuge-
ben und ohne einen Meßwert H in der Anlage aufzuneh-
men, die Pumpe auf die Förderhöhe H einzustellen durch
15 entsprechende Wahl der Drehzahl lediglich mit Hilfe
der Messung der leicht zugänglichen Größen P und n.

Das gleiche Verfahren wird bei einem gewählten Q ange-
wendet. Bei vorgegebenem P oder n ist der Wert direkt
20 durch Messung also ohne Rechnung verfügbar und kann
eingestellt werden. Gleichzeitig ergibt sich die
Möglichkeit, die Parameter Q, H, n und P jederzeit
abzufragen.

25 Bei der Lösung der Drehzahlregelung von Kreiselpumpen
ohne Mikrocomputer (μC) werden die aufgenommenen Meß-
werte - also eine fast beliebige feine Annäherung der
hier vorliegenden Flächen $H = f(Q, n)$ und $P = f(Q, n)$
- in einem EPROM gespeichert. Bei der Regelung können
30 dann aber nur die vorher gemessenen diskreten Punkte
angefahren werden, da die Flächen nicht als Gleichun-
gen vorliegen und damit die Berechnung jedes Flächen-
punktes gestatten würden. Außerdem verfügt diese Art

der Drehzahlregelung nicht über einen Mikrocomputer, der eine Berechnung durchführen könnte.

Um beispielsweise eine Regelung nach konstanter
5 Förderhöhe durchzuführen, müßte zuerst aus der Fläche
41 die Fördermenge Q berechnet werden. Dieser Wert
wird in die Funktion $H = f(Q, n)$ eingesetzt und die
Förderhöhe H auf diese Weise bestimmt. Bei dieser
Methode muß allerdings von der einen in die andere
10 Fläche umgerechnet werden, wie vorher beschrieben. Es
ist daher günstiger, die Flächen $H = f(n, P)$ und $Q = f(n, P)$ zu verwenden. Dadurch ist möglich, den gesuchten Funktionswert unabhängig von der zweiten Fläche zu bestimmen.

15 Eine Regelung kann mit allen verwendeten Größen durchgeführt werden, wobei jedoch nur n eingestellt wird. Bei einer durchgeführten Regelung nach n kann direkt mit n geregelt werden. Es sind keine Umrechnungen in
20 den Flächen notwendig.

Wird als Regelgröße P gewählt, so wird zuerst Q aus der Funktion $Q = f(n, P)$ bestimmt. Diese Größe wird benötigt, um mit dem Stellwert P das einzustellende n
25 aus der Funktion $Q = f(n, P)$ durch Umstellen nach n zu erhalten.

Wird nach Q oder H geregelt, so wird zuerst der Funktionswert aus den Meßwerten n und P ermittelt und auf
30 den Regler gegeben. Der sich ergebene Stellwert wird mit der gemessenen Größe P über die Flächengleichung in eine Drehzahl n zurückgerechnet.

18.1.1985

- 14 -

RH/85/1EP

Für konstantes Q oder H erfolgt die Regelung in der Fläche auf einer fest definierten Kennlinie. Auf dieser Kennlinie lassen sich unterschiedliche Leistungs-Drehzahl-Punkte einstellen. Tritt eine Störgröße auf, so bewegt sich der Regler auf der Kennlinie für die konstant zu haltende Größe und stellt einen neuen Drehzahl-Leistungs-Punkt ein.

Sofern die Kreiselpumpe ein anderes Medium als Wasser fördert, so ist in den Rechnungen ein Umrechnungsfaktor zu berücksichtigen. Da die Kreiselpumpe mit einem Asynchronmotor angetrieben wird, sind die Meßwerte für die Drehzahl durch den auftretenden Schlupf fehlerbehaftet. Im Betrieb gilt dieses für die Läuferdrehzahl. Ein Antriebsumrichter liefert für die eingestellte Motordrehzahl eines angeschlossenen Asynchronmotors ein Meßsignal, das der einzustellenden Synchrondrehzahl proportional ist. Diese Synchrondrehzahl wird mit der Regelung verarbeitet und eine neue Synchrondrehzahl als Stellgröße ausgegeben. Bei diesem Verfahren ist die tatsächliche Läuferdrehzahl nicht von Bedeutung, da sie durch den auftretenden Schlupf von einer einzigen Synchrondrehzahl eingestellt wird. Zu jedem Betriebspunkt stellt sich also immer der ihm eigene Schlupf ein, der die Läuferdrehzahl verringert. Der Fehler durch den Schlupf ist somit ausgeschaltet.

Vorteilhaft können mit der Erfindung gebrauchte Laufäder zur Aufnahme von Eichmessungen eingesetzt werden, um so deren Kenndaten zu ermitteln, die dann die Grundlage zu einem im Rechner abzuspeichernden, automatisch arbeitenden Korrekturprogramm bilden, das dann den tatsächlichen Betriebsparametern unter Berück-

sichtigung eines normierten Verschleißverhaltens angenähert ist.

Die Figuren 4 bis 12 zeigen einige Anwendungsbeispiele für die erfindungsgemäße Regelung. Dabei bedeutet f_1 die Netzfrequenz von beispielsweise 50 Hertz und f_2 die vom Rechner dem Motor aufgegebene Frequenz, die vom Frequenzumrichter kommt. Der verwendete NPSH- Wert bezeichnet die Nettoenergiehöhe, die vorhanden sein muß, damit die Pumpe einwandfrei läuft. Die übrigen verwendeten Symbole entsprechen den in der Beschreibung benutzten Größen.

Figur 4 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung einer konstanten Temperatur. Bei dieser Art der Regelung findet im Rechner ein Sollwert- Istwert- vergleich zwischen dem vorgegebenen Sollwert für die Temperatur und der jeweils vorliegenden Temperatur statt. Der Betriebspunkt der Pumpe stellt sich als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage" ein. Bei sinkender Temperatur kommt es zu einer Regelabweichung $T_{\text{soll}} - T$. Eine Erhöhung der Temperatur auf den Sollwert wird erreicht über die Anhebung der Drehzahl von n_1 auf n_2 mit einer Erhöhung des Förderstromes von Q_1 auf Q_2 .

Figur 5 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung einer konstanten Förderhöhe. Beim Betrieb einer Anlage (hier Heizung) fährt die Pumpe im Betriebspunkt 1. Dieser Punkt stellt sich ein als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1". Auf

der Leistungskennlinie "Motor 1" für die Drehzahl n_1 läßt sich im Punkt 1 die Leistung P_1 ermitteln. Beim Zuschalten einer weiteren Heizung, durch Öffnen des Ventils, wandert der Betriebspunkt der Pumpe bei
5 , gleichbleibender Drehzahl auf den Punkt 2. Dieser Punkt stellt sich als Schnittpunkt der unveränderten Drehzahlkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der veränderten Anlagenkennlinie "Anlage 2" ein. Auf der Leistungskennlinie "Motor 1" stellt sich der Be-
10 triebspunkt 2 ein. Aus den Meßwerten P_2 und n_1 ermittelt der Rechner die Förderhöhe H_2 und die Abweichung zur Förderhöhe H_{soll} . Die Drehzahl wird erhöht, bis sich im Betriebspunkt 3 die Förderhöhe H_{soll} aus den Meßwerten n_2 für die Drehzahl und P_3 für die
15 Leistung ergibt.

Figur 6 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung eines maximalen Förderstromes bei Berücksichtigung des NPSH-Wertes. Beim Betrieb der Pumpe mit
20 der Drehzahl n_1 stellt sich als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1" der Betriebspunkt 1 ein. Die Drehzahlvorgabe n_1 ergibt sich über den maximalen Förderstrom $Q_{1 \max}$ aus dem Schnittpunkt der ermittel-
25 ten NPSH-Kennlinie der Anlage "NPSH Anlage 1" mit der NPSH-Kennlinie der Pumpe "NPSH bei n_1 ". Ändert sich die Anlagenkennlinie von "Anlage 1" auf "Anlage 2", so kommt es bei gleichbleibender Drehzahl n_1 zum Be-
30 triebspunkt 2. Da sich aber mit der Anlagenkennlinie auch die NPSH-Kennlinie der Anlage ändert, ist jetzt die Kennlinie "NPSH Anlage 2" gültig. Somit läuft die Pumpe im Betriebspunkt 2 mit einer Fördermenge Q_2 . Dies bedeutet jedoch bei einer maximal zulässigen

18.1.1985

- 17 -

RH/85/1EP

Fördermenge $Q_{2 \max}$, daß die Pumpe in Kavitation läuft. Der Rechner gibt jetzt eine neue Stellgröße für die Drehzahl an den Frequenzumrichter; die Pumpe wird mit der Drehzahl n_2 betrieben. Es kommt also zum Betriebspunkt 3 als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 2" bei der Drehzahl n_2 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 2" durch die Drehzahl n_2 , die sich über den Förderstrom $Q_{3 \max}$ errechnet. Die Pumpe wird dadurch mit dem für diese Anlagenkennlinie maximalen Förderstrom betrieben.

Figur 7 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung eines konstanten Förderstromes. Beim Betrieb der Pumpe nach der Förderkennlinie "Pumpe 1" bei der Drehzahl n_1 ergibt sich der Betriebspunkt aus dem Schnittpunkt der Förderkennlinie mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1". Der Förderstrom beträgt hier als Sollwert $Q_{1/3}$. Verändert sich die Anlagenkennlinie von "Anlage 1" auf "Anlage 2", so stellt sich bei gleichbleibender Drehzahl n_1 der Betriebspunkt 2 und damit ein Förderstrom Q_2 ein. Um den Förderstromsollwert $Q_{1/3}$ wieder zu erreichen, wird die Drehzahl auf den Wert n_2 erhöht, womit der neue Betriebspunkt 3 als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 2" mit der Anlagenkennlinie "Anlage 2" entsteht.

Figur 8 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung eines konstanten Förderstromes bei Zusetzen eines Filters. Die Kreiselpumpe fördert ein Fluid über ein Filtersystem zu einer Verdünsungsanlage. Bei Inbetriebnahme der Anlage ist das Filter 1 in Betrieb. Die Kreiselpumpe fährt mit der Drehzahl n_1 , im Betriebspunkt 1, dem Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe

18.1.1985

- 18 -

RH/85/IEP

1" mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1". Mit dem fortschreitenden Zusetzen des Filters verändert sich die Anlagenkennlinie von "Anlage 1" auf "Anlage 2". Der Betriebspunkt verschiebt sich von 1 auf 2. Der Förderstrom $Q_{2/4}$ entspricht nicht dem Sollwert Q_{soll} . Über die Regeleinheit wird daher eine Anhebung der Drehzahl veranlaßt, wodurch sich die neue Förderkennlinie "Pumpe 2" für die Drehzahl n_2 ergibt, deren Schnittpunkt mit der Anlagenkennlinie "Anlage 2" den neuen Betriebspunkt 3 kennzeichnet. Damit ist der geforderte Sollwert Q_{soll} wieder eingestellt. Ein weiteres Zusetzen des Filters führt zur Anlagenkennlinie "Anlage 3" und dem Betriebspunkt 4. Als Reaktion des Regelsystems auf den zu geringen Förderstroms $Q_{2/4}$ wird die Drehzahl erneut auf n_3 angehoben, auf deren Förderkennlinie "Pumpe 3" der Betriebspunkt 5 liegt. Um ein weiteres Ansteigen der Förderhöhe und damit der Leistung über die Werte H_5 und P_5 hinaus zu vermeiden, kommt es zum Schließen des Filters 1 und zum Öffnen des Filters 2. Zum Betriebspunkt wird damit der Punkt 6 als Schnittpunkt der Anlagenkennlinie "Anlage 1" mit der Förderkennlinie "Pumpe 3" für die Drehzahl n_3 . Die Regelabweichung $Q_6 - Q_{soll}$ führt zu einer Drehzahlabsenkung auf die Drehzahl n_1 und damit auf den Betriebspunkt 1.

Figur 9 zeigt die Regelung einer Umwälzpumpe (Schneckenpumpe) zur Erreichung eines konstanten Förderstromes bei festgelegten Betriebsgrenzen. Der Betriebspunkt 1 bildet den Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1". Eine Veränderung der Anlagenkennlinie von "Anlage 1" auf "Anlage 2" führt zu einer

18.1.1985

- 19 -

RH/85/1EP

Regelabweichung $Q_2 - Q_{soll}$. Es folgt als Reaktion des Regelsystems eine Anhebung der Drehzahl über n_2 auf n_3 . Der Betriebspunkt verlagert sich von 3 nach 4, wodurch die Regelabweichung zu Null wird. Bei dem gesamten Regelverfahren kommt es vorteilhaft ständig zu einer Überprüfung der durch die Bauart der Pumpe bedingten festgelegten Betriebsgrenzen.

Figur 10 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung eines konstanten Füllstandsniveaus. Bei dieser Art der Regelung findet im Rechner ein Sollwert- Istwertvergleich zwischen dem vorgegebenen Sollwert für das Füllstandsniveau und dem jeweils vorliegenden Niveau statt. Der Betriebspunkt stellt sich als Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 und der Anlagenkennlinie "Anlage 1" ein. Bei sinkender Abnahme durch den Verbraucher kommt es zu einer Erhöhung des Füllstandsniveaus und damit zu einer Regelabweichung, die durch Einstellung einer niedrigeren Drehzahl n_2 ausgeglichen wird. Bei stagnierendem Verbrauch kommt es durch eine weiter sinkende Drehzahl im Betriebspunkt 3 zum Förderstrom $Q_3 = 0$. Die Kreiselpumpe bringt lediglich den geodätischen Druck auf, der verhindert, daß das Medium zurückströmt.

Figur 11 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung eines maximalen Wirkungsgrades bei Angabe eines zulässigen Bereiches. Die Kennlinie η_{max} stellt die Verbindung der maximalen Wirkungsgrade bei verschiedenen Drehzahlen dar. Der Betriebspunkt 1 bildet den Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1". Ver-

18.1.1985

- 20 -

RH/85/1EP

ändert sich die Anlagenkennlinie auf "Anlage 2", so kommt es im Betriebspunkt 2 zu einer Abweichung von der Kennlinie $\eta_{\max}$. Durch Anhebung der Pumpendrehzahl auf n_2 wird diese Abweichung im Betriebspunkt 3 wieder ausgeglichen. Bei weiterer Veränderung der Anlagenkennlinie auf "Anlage 3" kommt es wiederum zu einer Abweichung von der Kennlinie $\eta_{\max}$. Diese Abweichung kann allerdings nur zum Teil durch Anhebung der Drehzahl auf n_3 und Einstellung des Betriebspunktes 5 ausgeglichen werden, da der zulässige Bereich bei Überschreitung der Förderhöhe $H_{\max}$ verlassen werden würde.

Figur 12 zeigt die Regelung einer Kreiselpumpe zur Erreichung einer konstanten Leistung. Hier ist die Leistung P_{soll} vorgegeben. Im Betriebspunkt 1, dem Schnittpunkt der Förderkennlinie "Pumpe 1" für die Drehzahl n_1 mit der Anlagenkennlinie "Anlage 1" wird diese Forderung realisiert. Kommt es zu einem Absinken der Leistung durch Veränderung der Anlagenkennlinie auf "Anlage 2" und damit zum Betriebspunkt 2, so reagiert der Rechner mit dem Anheben der Drehzahl auf n_2 und es wird der neue Betriebspunkt 3 erreicht, wodurch die Regelabweichung $P_{\text{soll}} - P_2$ ausgeglichen wird.

Über die geschilderten Beispiele hinaus kann das erfindungsgemäße Verfahren sowie die Vorrichtung auch zur Regelung anderer Strömungs- und Arbeitsmaschinen benutzt werden, ohne den Rahmen dieser Erfindung zu verlassen.

18.1.1985

- 21 -

RH/85/1EP

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung verschiedener Betriebsparameter, insbesondere der Förderhöhe H , des Förderstroms Q , des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n , bei Pumpen und Verdichtern, vorzugsweise Kreiselpumpen und Ventilatoren, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung nach Kennlinien der Betriebsparameter gemäß der gewünschten Betriebsart erfolgt, wobei die Messung einzelner Betriebsparameter zur Berechnung der Stellgröße außerhalb des Fördermediums erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl n und der Leistungsbedarf P als elektrische Meßgrößen zur Beschreibung der Kennlinien verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Förderstrom Q und die Förderhöhe H als elektrische Meßgrößen zur Beschreibung der Kennlinien verwendet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei dreidimensionale Kennfelder aufgestellt werden, und zwar
- die Förderhöhe H als Funktion des Förderstroms Q und der Drehzahl n , und
 - der Leistungsbedarf P als Funktion des Förderstroms Q und der Drehzahl n .

18.1.1985

- 22 -

RH/85/1EP

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei dreidimensionale Kennfelder aufgestellt werden, und zwar
- 5 - die Förderhöhe H als Funktion des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n , und
 - der Förderstrom Q als Funktion des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n .
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennfelder des Leistungsbedarfs P sowie der Förderhöhe H mittels eines Meßpunktrasters aufgenommen werden.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennfelder einmal aufgestellt und in einem Rechner pumpenspezifisch fest einprogrammiert werden.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung der Fördermengen bei der Regulierung von Heißwassergeräten verwendet wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Einhaltung eines maximalen Förderstromes verwendet wird.
- 30 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Einhaltung eines konstanten Förderstromes verwendet wird.

18.1.1985

- 23 -

RH/85/1EP

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Konstanthaltung eines Füllstandsniveaus dient.
- 5 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Erreichung eines maximalen Wirkungsgrades bei Angabe eines zulässigen Bereiches eingesetzt wird.
- 10 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Konstanthaltung der Leistungsaufnahme verwendet wird.
- 15 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung zur Konstanthaltung der Förderhöhe verwendet wird.
- 20 15. Vorrichtung zur Regelung verschiedener Betriebsparameter, insbesondere der Förderhöhe H, des Förderstroms Q, des Leistungsbedarfs P und der Drehzahl n, bei Pumpen und Verdichtern, vorzugsweise Kreiselpumpen und Ventilatoren, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung einen Rechner, eine
- 25 Zifferntastatur, Funktionstasten und eine Anzeigeeinheit aufweist, wobei als Funktionstasten eine Eingabetaste, eine Abfragetaste, eine Lösch taste, eine Förderstromtaste, eine Förderhöhentaste, eine Drehzahl-
- 30 tastaste und eine Leistungstaste vorgesehen sind, wobei die Zifferntastatur als Tastenfeld ausgebildet ist und die Anzeigeeinheit aus mehreren Segmenten besteht.

18.1.1985 0000210

- 24 -

RH/85/1EP

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß im Rechner Programmkarten als Steckmodule verwendet werden und die Tastatur als Folientastatur ausgebildet ist.

5

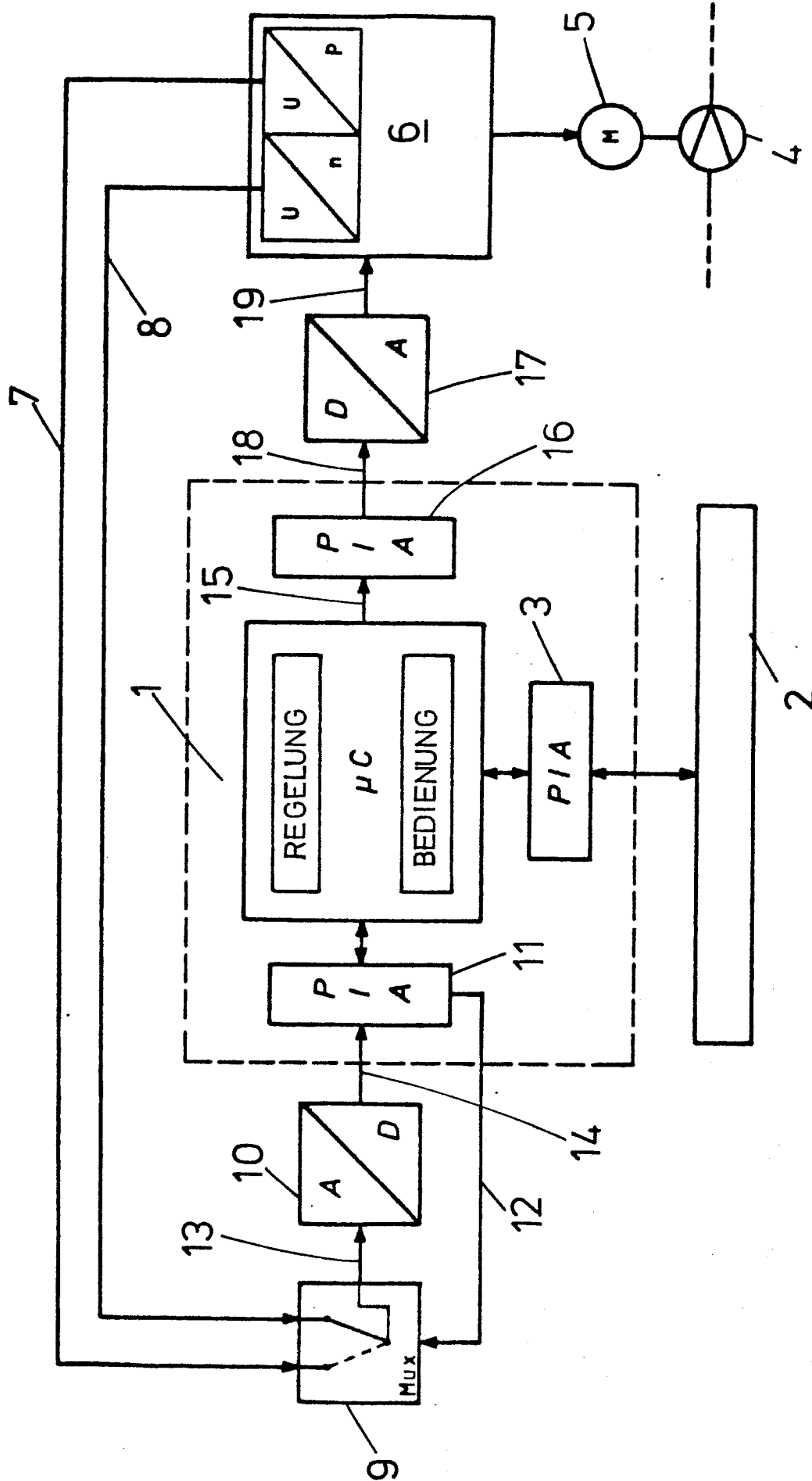


FIG. 2

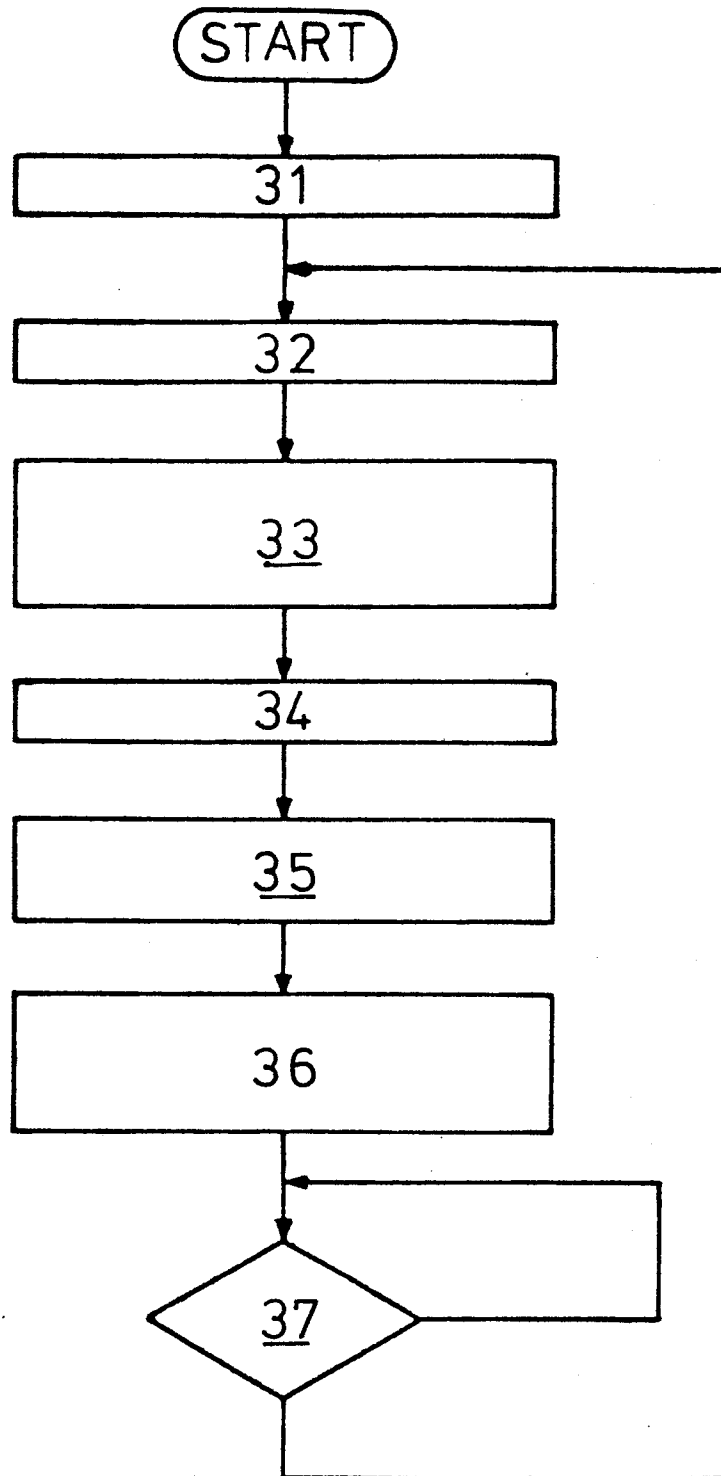
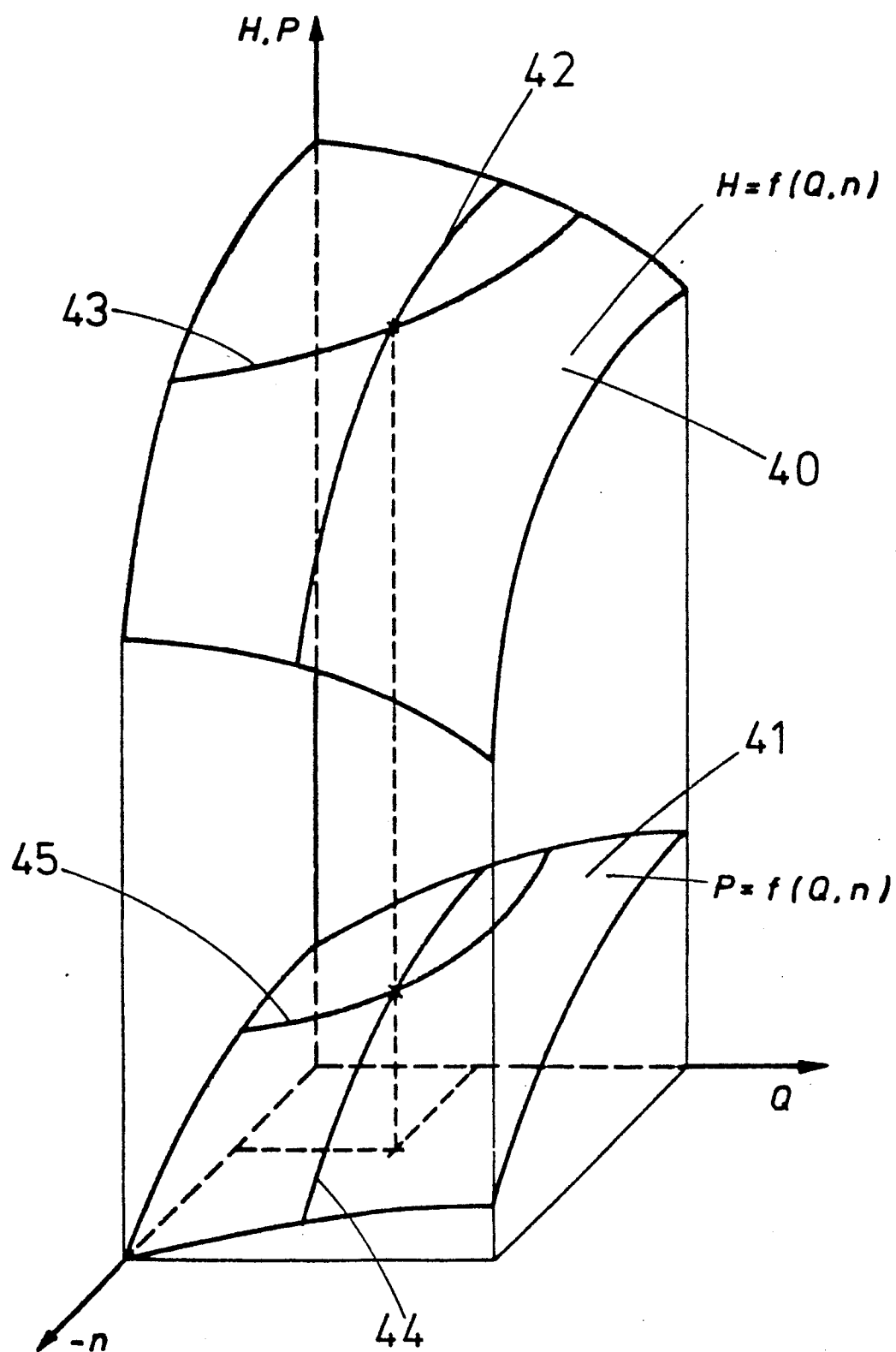


FIG. 3



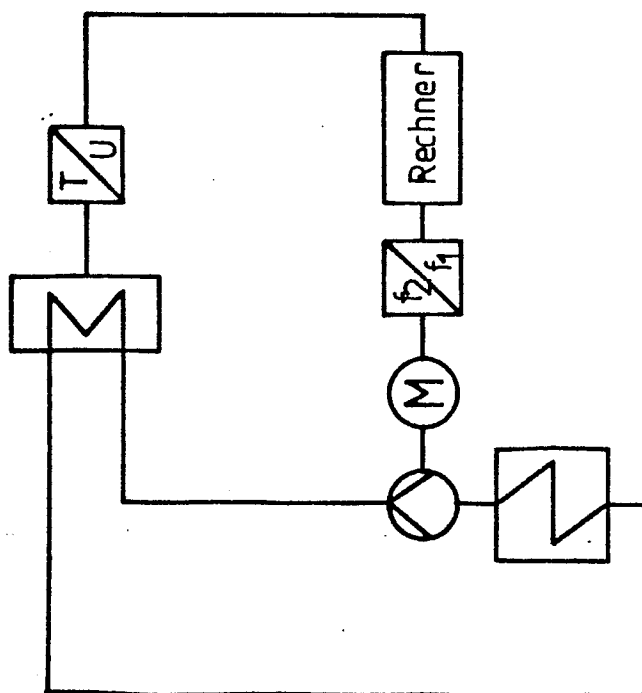
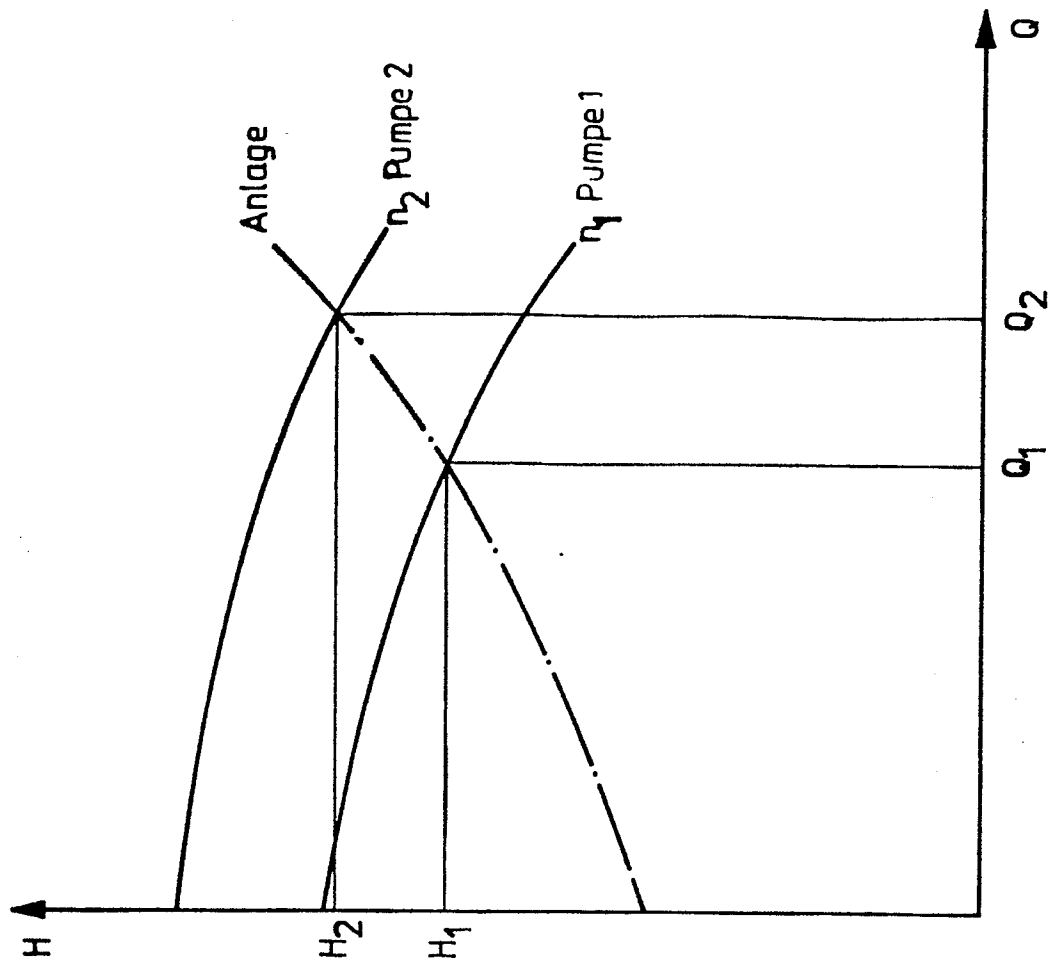


FIG. 4

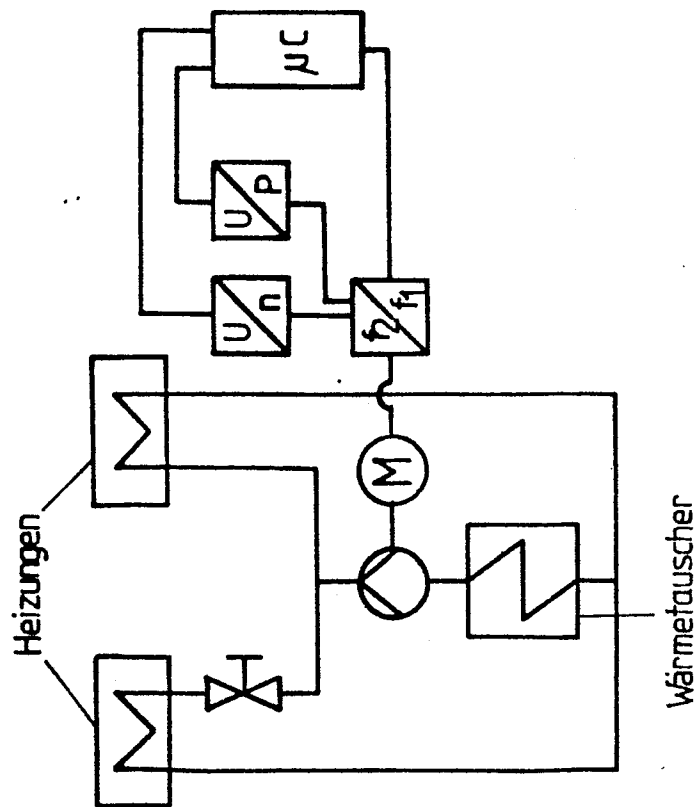
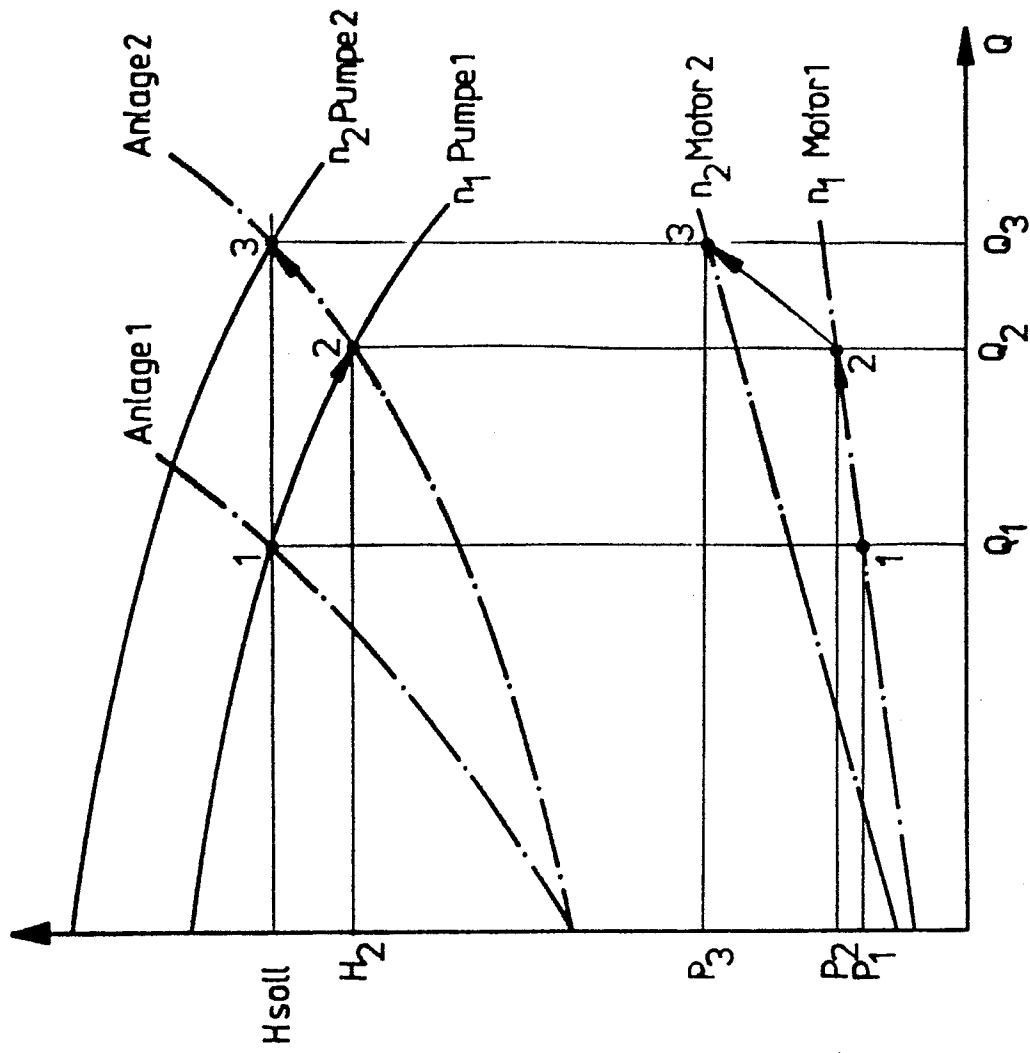


FIG. 5

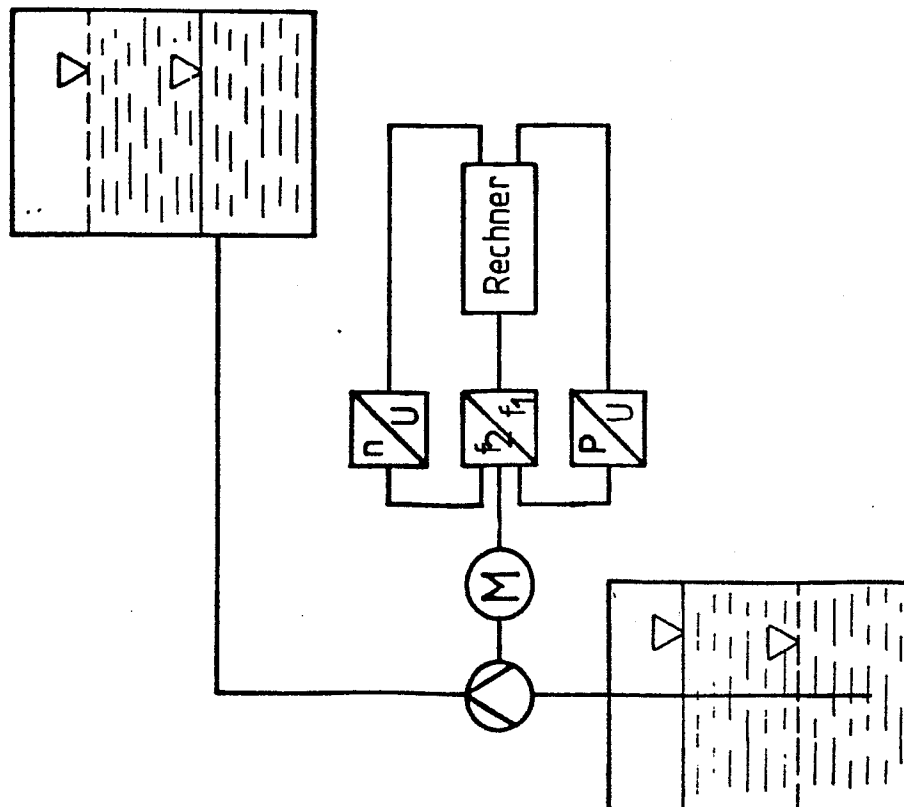
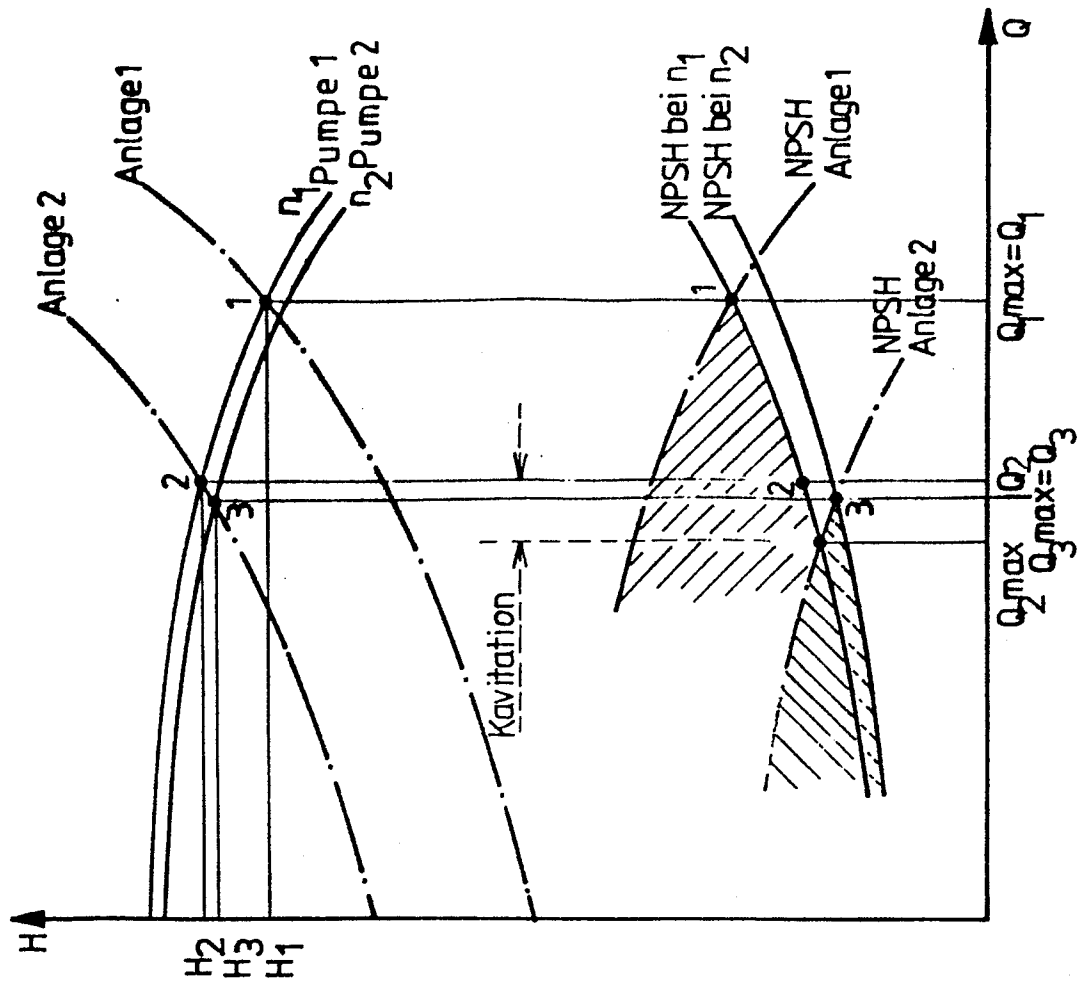


FIG. 6

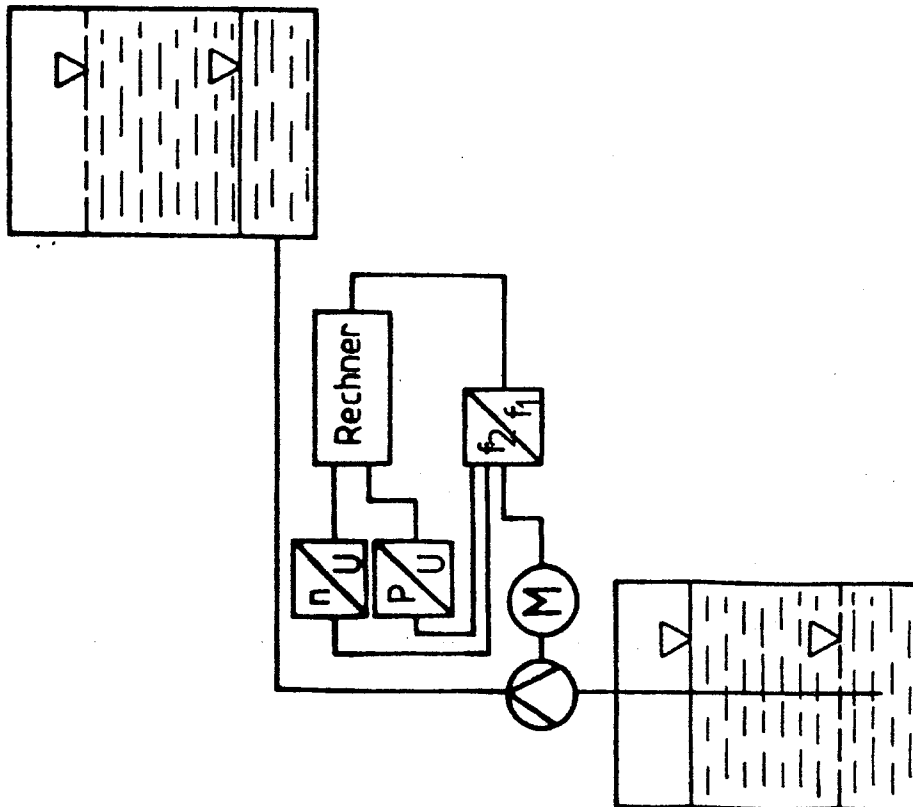
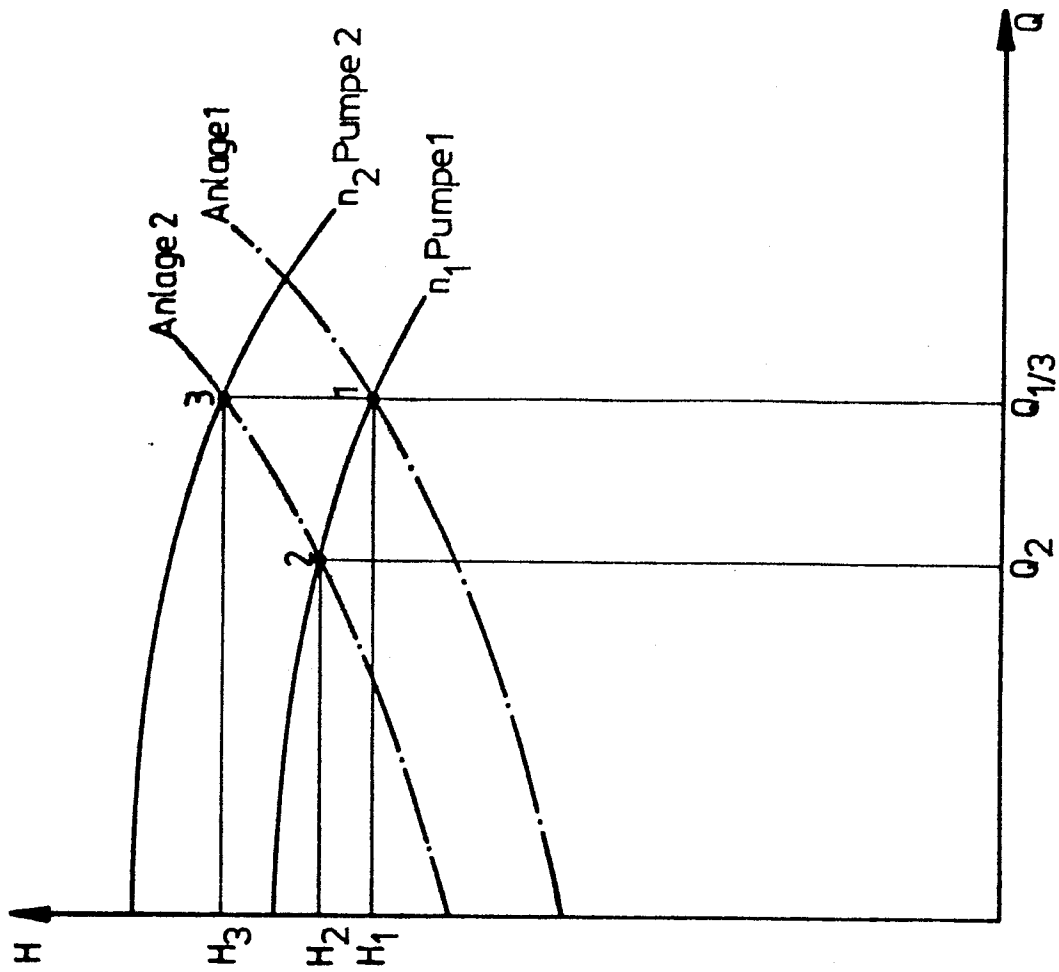


FIG. 7

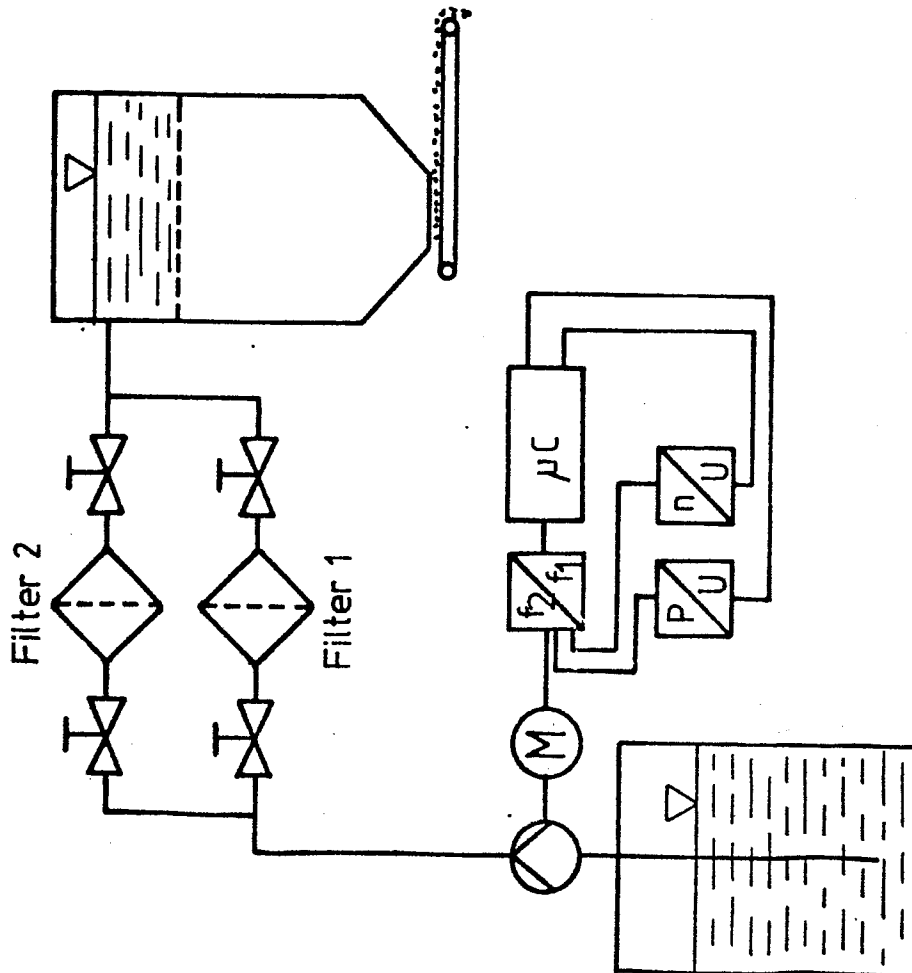
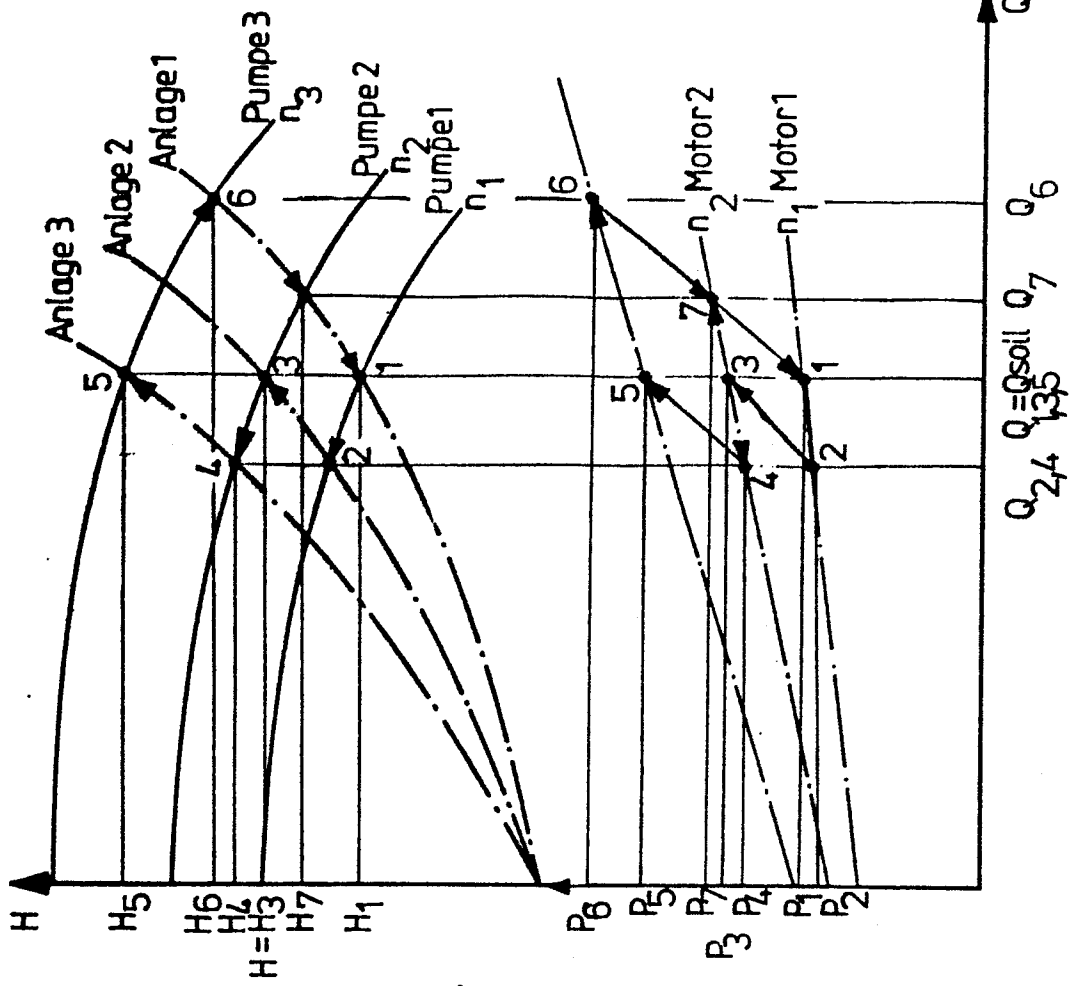


FIG. 8

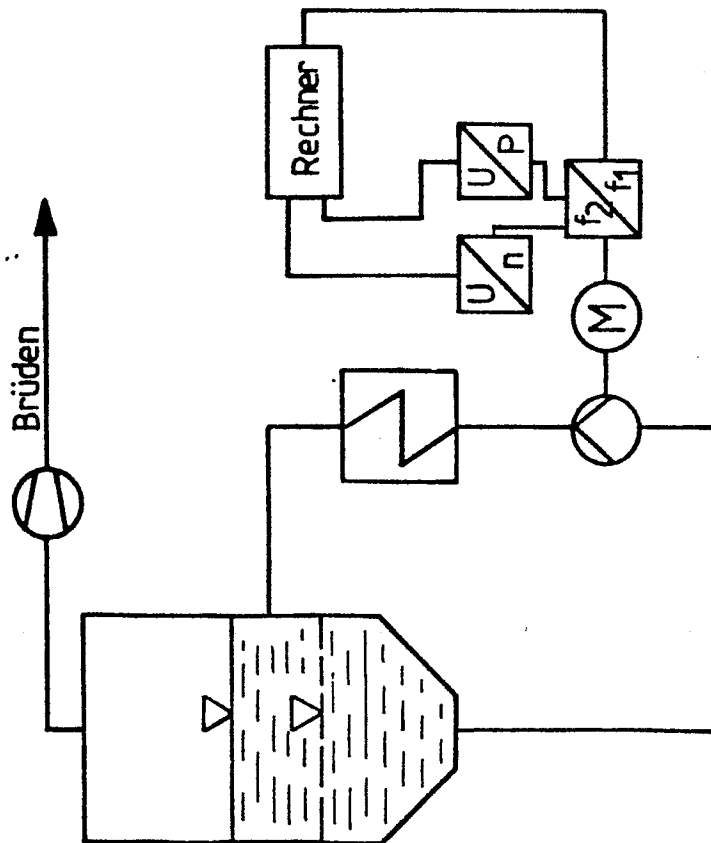
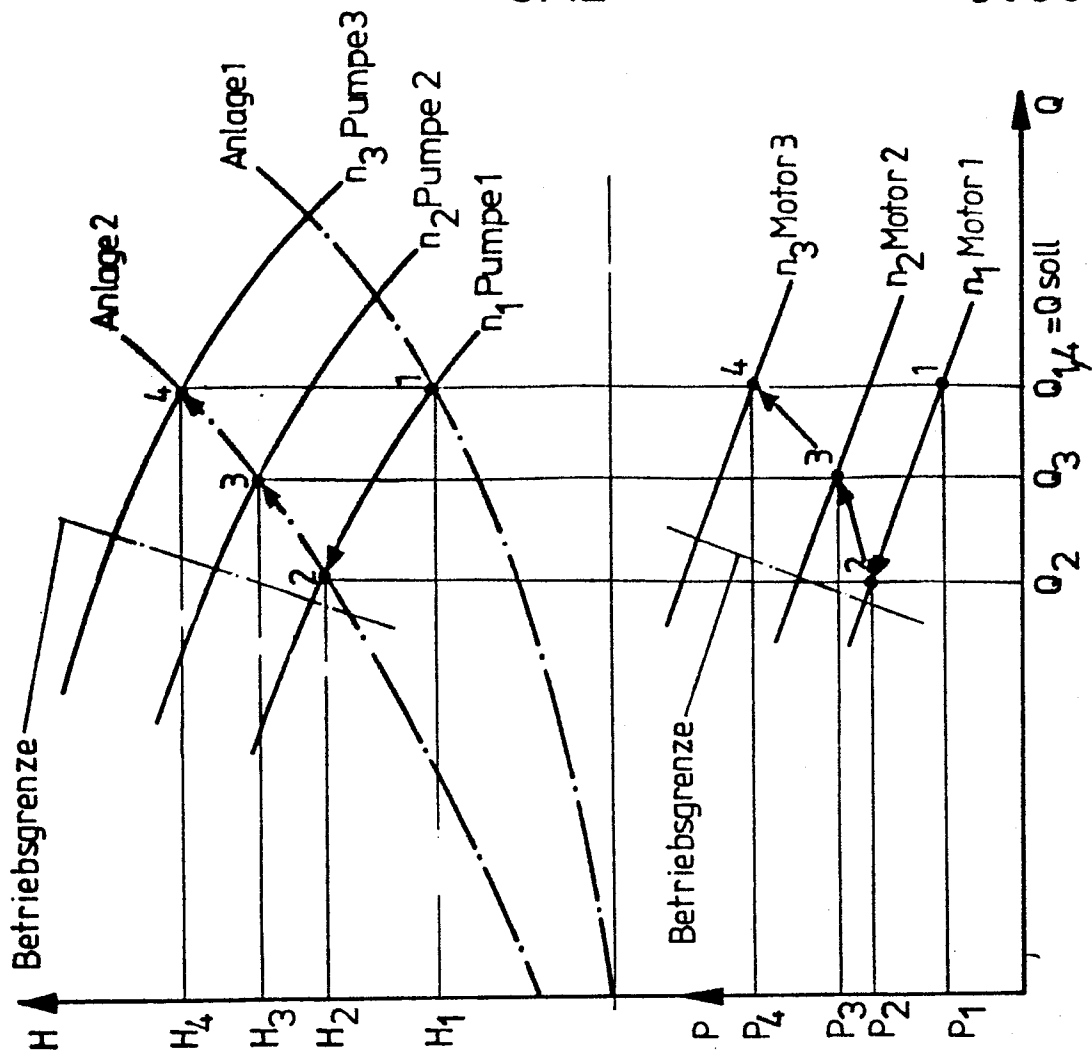


FIG. 9

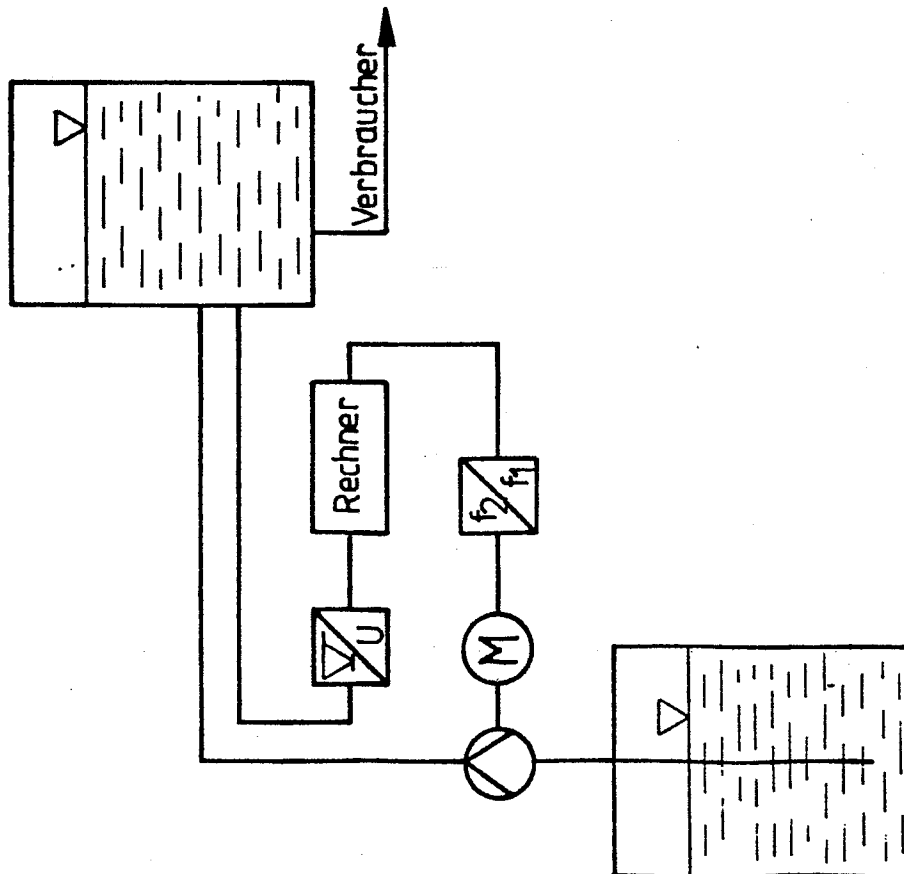
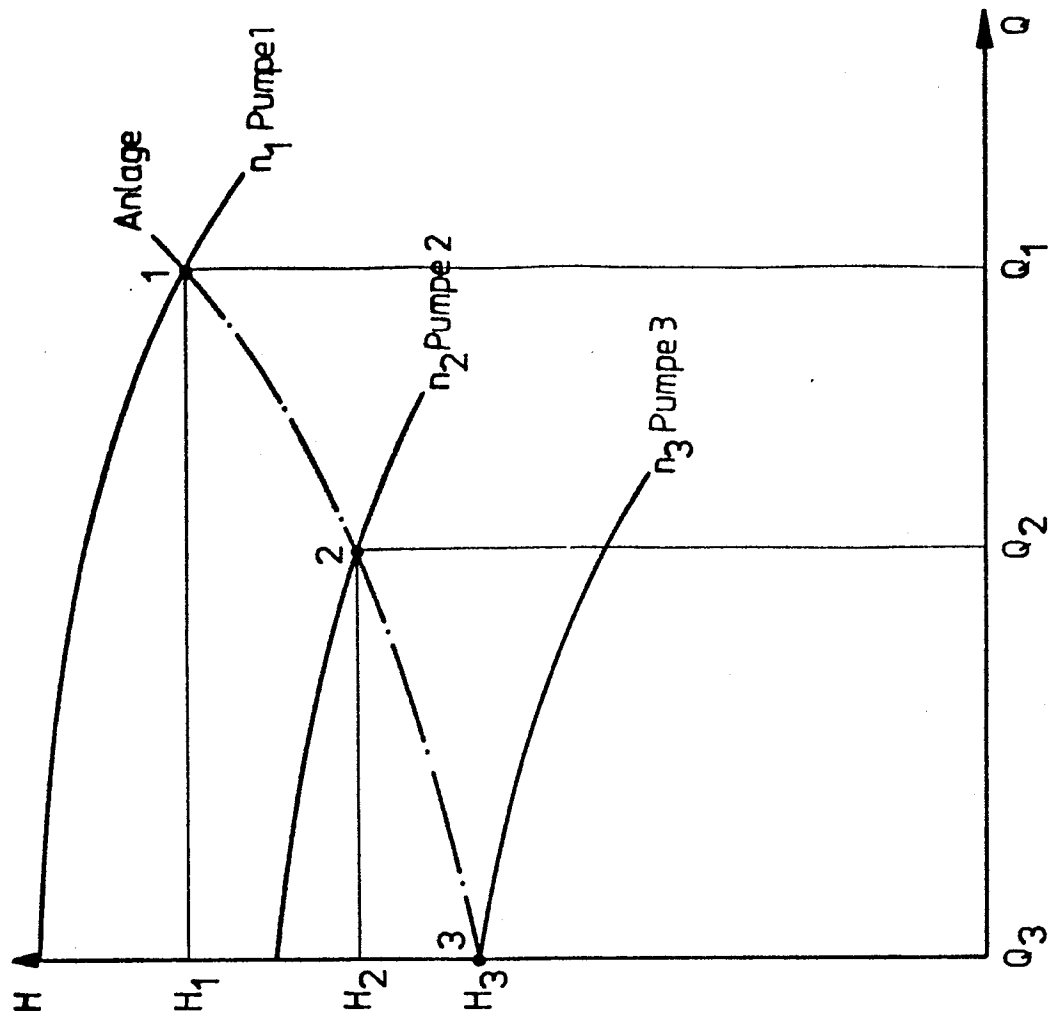


FIG.10

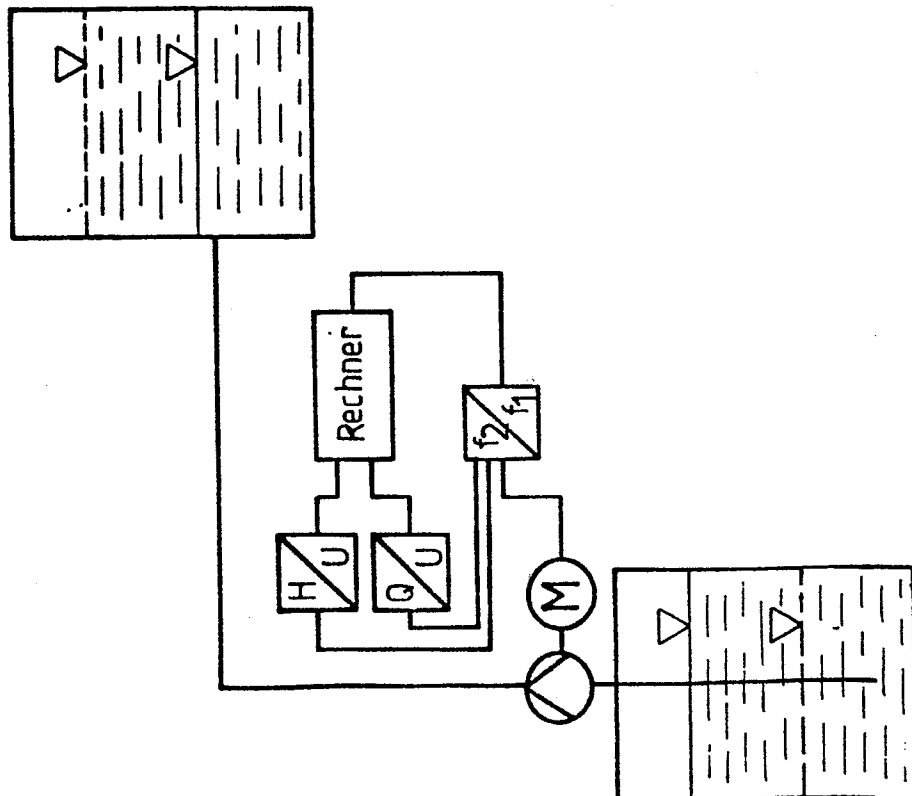
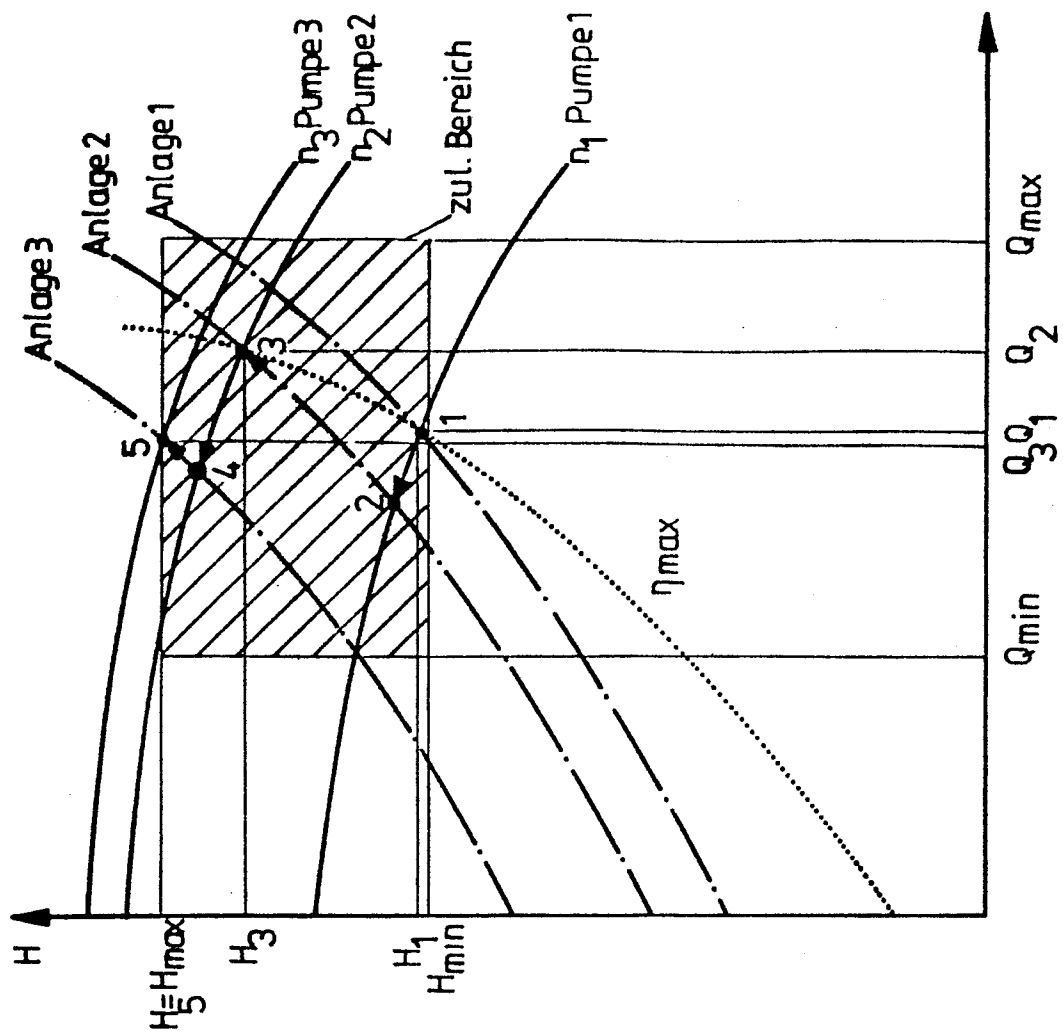


FIG. 11

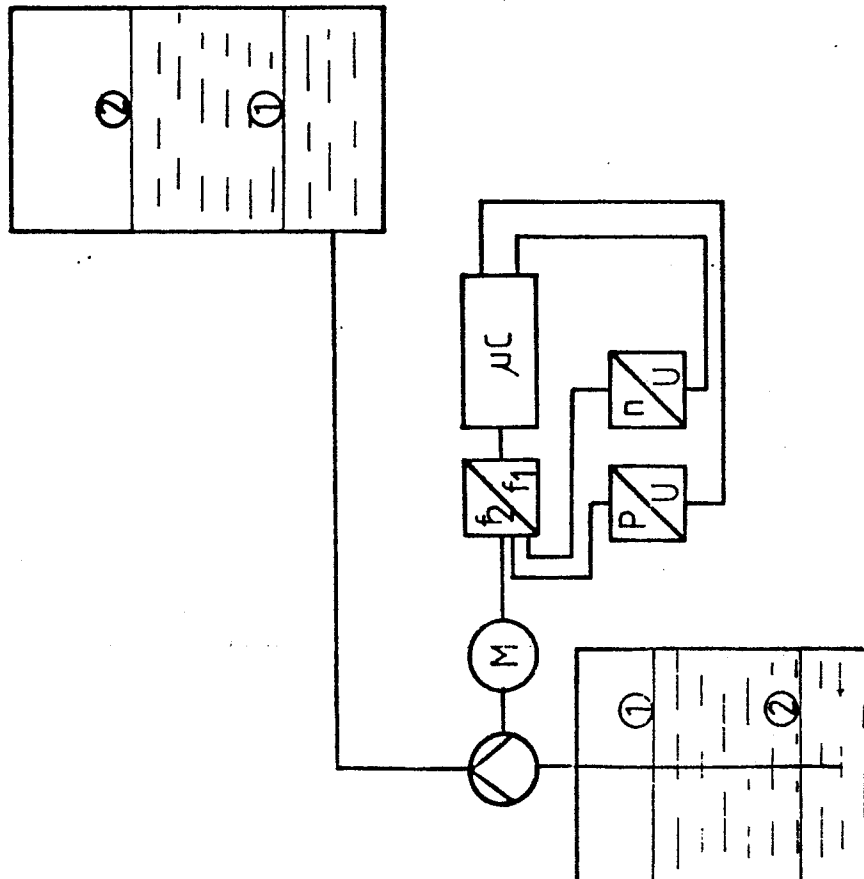
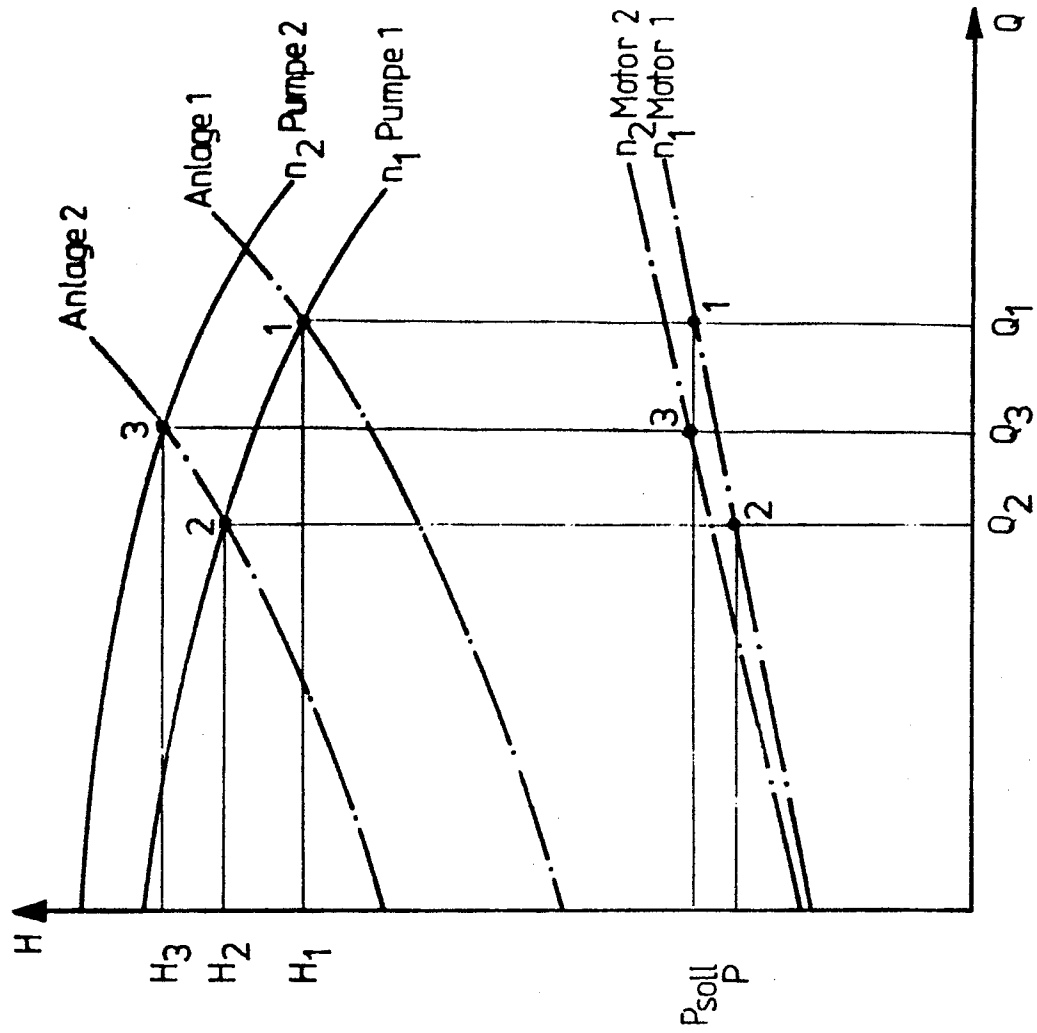


FIG. 12