

## DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

# PATENTSCHRIFT



## (12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 239 291 A5

4(51) G 21 C 17/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

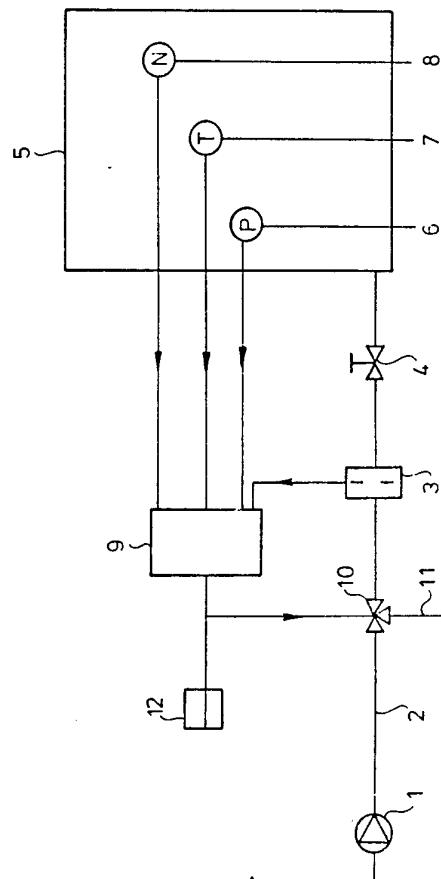
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 21 C / 282 870 0 (22) 14.11.85 (44) 17.09.86  
(31) 4268/84 (32) 16.11.84 (33) HU

(71) siehe (73)  
 (72) Bacskó, Gábor; Frigyesi, Ferenc, Dipl.-Ing.; Katiccs, Béla, Dipl.-Ing.; Taubner, Róbert, Dr. Dipl.-Ing.; Techy, Zsolt, Dr. Dipl.-Phys.; Vöröss, Lajos, Dr. Dipl.-Ing., HU  
 (73) Villamosenergiaipari Kutató Intézet, 1051 Budapest; Paksi Atomerőmű Vállalat, 7031 Paks, HU

**(54) Verfahren und Messeinrichtung zur integrierten Dichtigkeitsprüfung von insbesondere Druckräumen von Kernkraftwerken**

(57) Das Verfahren besteht darin, daß der Druckraum bis zu einem vorgeschriebenen Druck mit Luft aufgefüllt wird und Druck, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt im Druckraum kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitabständen gemessen werden und während der Zeitdauer der Messung kontinuierlich Luft in den Druckraum geleitet wird, dabei der Massenstrom der zugeleiteten Luft gemessen und zur Haltung des im Druckraum herrschenden Druckes in durch die Meßbedingungen vorgegebenen Grenzen geregelt wird, vom Massenstrom der zugeführten Luft und dem zeitlichen Gradienten der Massenänderung der im Druckraum eingeschlossenen Luft wird auf die Dichtigkeit des Druckraumes geschlußfolgert. Die zur Durchführung des Verfahrens dienende Meßeinrichtung enthält eine Kompressoranlage, eine diese mit dem Druckraum verbindende Zuführungsleitung, eine in diese eingebaute Absperrvorrichtung sowie im Druckraum angeordnete Druckmesser, Temperaturmeßsystem und Feuchtigkeitsmeßsystem. Die Zuführungsleitung ist mit einer Mengenmeßvorrichtung und einem zwischen der Kompressoranlage und der Mengenmeßvorrichtung angeordneten vom Druck des Druckraumes gesteuerten Regelventil versehen. Fig. 1



1

**Erfindungsanspruch:**

1. Verfahren zur integrierten Dichtigkeitsprüfung von insbesondere Druckräumen in Kernkraftwerken anhand der Bestimmung der Leckrate, wobei der Druckraum bis zu einem vorgeschriebenen Druck mit Luft aufgefüllt wird, danach der Druck, die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt im Druckraum kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitabständen gemessen werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß während der Zeitspanne der Messung kontinuierlich Luft in den Druckraum geleitet wird, wobei der Massenstrom der zugeführten Luft gemessen wird und zur Halterung des im Druckraum herrschenden Druckes durch die Meßbedingungen vorgegebenen Grenzen geregelt wird, anhand des Massenstromes der zugeführten Luft und des zeitlichen Gradienten der Massenveränderung der im Druckraum eingeschlossenen Luft der Massenstrom des Lecks ermittelt wird, woraus auf die Dichtigkeit des Druckraumes geschlußfolgert wird.
2. Meßeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, die eine Kompressoranlage, eine sich dem Druckraum anschließende Zuführungsleitung, eine in die Zuführungsleitung eingebaute Absperrvorrichtung, sowie im Druckraum angeordnete Druckmesser, ein Temperaturmeßsystem und ein Feuchtigkeitsmeßsystem enthält, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Zuführleitung (2) eine Mengenmeßvorrichtung (3), sowie zwischen der Kompressoranlage (1) und der Mengenmeßvorrichtung (3) ein vom Druck des Druckraumes (5) automatisch oder durch eine manuelle Steuereinheit (12) gesteuertes Regelventil (10) eingebaut sind.
3. Meßeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, die eine Kompressoranlage, eine die Kompressoranlage mit dem Druckraum verbindende Zuführungsleitung, eine in die Zuführungsleitung eingebaute Absperrvorrichtung, sowie im Druckraum angeordnete Druckmesser, ein Temperaturmeßsystem und ein Feuchtigkeitsmeßsystem enthält, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Zuführungsleitung (2) eine Mengenmeßvorrichtung (3) sowie zwischen der Kompressoranlage (1) und der Mengenmeßvorrichtung (3) eine Absperrvorrichtung (4), sowie eine die Absperrvorrichtung (4) umgehende Umgehungsleitung (13) eingebaut sind, wobei die Umgehungsleitung (13) ein vom Druck des Druckraumes (5) automatisch oder mittels einer manuellen Steuereinheit (12) gesteuertes Regelventil (10) enthält.
4. Meßeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, die eine Kompressoranlage, eine die Kompressoranlage mit dem Druckraum verbindende Zuführungsleitung, eine in der Zuführungsleitung eingebaute Absperrvorrichtung, sowie im Druckraum angeordnete Druckmesser, einen Temperaturmeßsystem und ein Feuchtigkeitsmeßsystem enthält, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Zuführungsleitung (2) eine Mengenmeßvorrichtung (3) eingebaut ist, wobei sich der Zuführungsleitung (2) zwischen der Kompressoranlage (1) und dem Druckraum (5) eine Umgehungsleitung (13) anschließt, welche die in die Zuführungsleitung (2) eingebaute Absperrvorrichtung (4) und Mengenmeßvorrichtung (3) umgeht und ein vom Druck des Druckraumes (5) automatisch oder mittels einer manuellen Steuereinheit (12) gesteuertes Regelventil (10), eine weitere Mengenmeßvorrichtung (15) und eine weitere Absperrvorrichtung (14) enthält.
5. Temperaturmeßsystem, insbesondere für eine Meßvorrichtung nach einem der Punkte 2 bis 4, das in Reihe geschaltete Thermoelemente enthält, **gekennzeichnet dadurch**, daß in die in der Reihe jeweils zweiten Thermoelemente an verschiedenen Punkten des Druckraumes angeordnet sind, während die jeweils dazwischen geschalteten Thermoelemente in eine einheitliche Konstruktion in einem Raumteil kleiner als  $1 \text{ dm}^3$  zusammengefaßt eine Referenzgruppe (16) bilden, welche mit einem Referenzthermometer (17) versehen ist.
6. Temperaturmeßsystem, insbesondere für eine Meßeinrichtung nach einem der Punkte 2 bis 4, welche mit temperaturempfindlichen elektrischen Widerständen versehen sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Widerstände (19) an verschiedenen Stellen des Druckraumes (5) angeordnet sind, wobei die Verhältnisse der Werte der einzelnen Widerstände (19) den Verhältnissen ihres Wirkungsbereiches entsprechen.
7. Temperaturmeßsystem nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß parallel zu den an verschiedenen Stellen des Druckraumes (5) angeordneten Widerständen (19) Umgehungsleitungen (21) und diese sperrende bzw. öffnende Schalteinheiten (22) geschaltet sind, welche jeweils durch ein elektrisches Signal verschiedener Größe entweder über einen Meßkreis (23) oder über eine gesondert ausgebildete Steuereinheit (24) geschaltet sind.

Hierzu 5 Seiten Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfundung**

Die Erfundung betrifft ein Verfahren und eine Meßeinrichtung zur integrierten Dichtigkeitsprüfung von insbesondere Druckräumen von Kernkraftwerken. Entsprechend der allgemein verbreiteten Baupraxis von Kernkraftwerken werden die Konstruktionsteile der Blöcke von Kernkraftwerken, welche radioaktive Materialien beinhalten, in Druckräumen untergebracht. Die Funktion des Druckraumes besteht darin, auch bei Betriebsstörungen zu vermeiden, daß eine schädliche Menge von radioaktiven Verschmutzungen in die Umgebung gerät. Es bestehen behördliche Vorschriften, gemäß denen die Dichtigkeit der Druckräume vor der Inbetriebsetzung der Kernkraftwerksblöcke durch Messung zu überprüfen ist und die Überprüfung im Laufe der Lebensdauer der Blöcke in vorgegebenen Zeitabständen zu wiederholen ist.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Ein allgemein verbreitetes und verwendetes Verfahren zur Bestimmung der Dichtigkeit bzw. der Leckrate eines Druckraumes von Kernkraftwerken ist ein auf dem Massenverlust beruhendes Meßverfahren. Das Wesen dieses Verfahrens besteht darin, daß der betriebsmäßig abgeschlossene Druckraum bis zu einem vorgeschriebenen Druck mit Luft aufgefüllt wird, wonach die Zuführleitung gesperrt wird und anhand der Gasgesetze durch kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen erfolgende Messung des im Druckraum herrschenden Druckes und der Verteilung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes die in der vorgegebenen Zeitdauer erfolgte — dem Leckstrom entsprechende — Massenverringerung der im Druckraum eingeschlossenen Luft bestimmt wird.

Die zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens dienende Einrichtung hat dementsprechend in Abhängigkeit von der Zeit den Druck im Druckraum, sowie an verschiedenen Stellen des Druckraumes die Temperaturen und Feuchtigkeitsgehalte zu messen. Der Druckraum eines Kernkraftwerksblocks ist üblicherweise mit großen Abmessungen ausgebildet und verfügt über aufgeteilte Innenräume. Die Vorschriften für den zugelassenen Leckstrom und die Fehlertoleranzen der Messungen sind sehr streng. Um diesen Anforderungen zu genügen, muß die Meßeinrichtung zur Dichtigkeitsmessung ein System mit einer großen Anzahl von Meßketten darstellen, dessen Installation und Inbetriebsetzung sehr kosten- und zeitaufwendig ist.

Die mit dem beschriebenen Verfahren, bzw. der beschriebenen Einrichtung durchgeföhrten integrierten Dichtigkeitsprüfmessungen sind infolge der Eigenart des Verfahrens sehr zeitaufwendig. Mittels einer Analyse kann nachgewiesen werden, daß zwischen der Genauigkeit der Messungen und der Zeitdauer der Messungen ein eindeutiger Zusammenhang besteht. Bei der Durchführung der Messung mit einer Meßeinrichtung mit vorgegebener Genauigkeit sind die Meßfehler nur durch Erhöhung der Meßzeit reduzierbar. Da während der Messungen der Block des Kernkraftwerkes nicht in Betrieb sein darf, und auch an den Vorrichtungen innerhalb des Druckraumes keinerlei Arbeiten durchgeföhrten dürfen, ist bei jeder Messung mit einem Ausfall von Elektroenergieerzeugung zu rechnen, die proportional mit der Zeitdauer der Dichtigkeitsprüfungen steigt.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die genannten Ausfallzeiten zu vermeiden.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Entwicklung eines Verfahrens und einer Meßeinrichtung zur integrierten Dichtigkeitsprüfung von insbesondere Druckräumen von Kernkraftwerken, die eine Reduzierung der Zeitdauer der Messungen sowie eine kostensparende Installation der Meßeinrichtung ermögliche, wobei gleichzeitig die Einhaltung der vorgegebenen Fehlertoleranzen als grundsätzlicher Parameter gewährleistet werden soll.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf einer kontinuierlichen Massenachfüllung.

Das zur Lösung der Aufgabe dienende Verfahren besteht darin, daß der Druckraum bis zu einem vorgegebenen Druck mit Luft aufgefüllt wird, dann die Messung begonnen wird, wobei kontinuierlich auch weiterhin Luft über eine Zuführungsleitung in den zu prüfenden Druckraum geleitet wird und durch die — kontinuierlich geprüfte und veränderbare — Masse der zugeführten Luft der in dem zu prüfenden Druckraum herrschende Druck in vorgegebenen Grenzen gehalten wird.

Der Massenstrom der auf diese Weise zugeführten Luft, der Druck und die Verteilung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes des zu überprüfenden Druckraumes werden kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitabständen gemessen. Anhand der gemessenen Werte werden Raumdurchschnittswerte der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes bestimmt, mittels dieser die Momentanwerte der Masse der im Raum eingeschlossenen Luft, die Änderung — Gradienten — aller Parameter in Abhängigkeit von der Zeit und letztlich mittels einer der untenständigen Beziehungen der für den Raum geltenden Massenbilanz der Massenstrom des Lecks. Es gelten folgende Beziehungen für die Massenbilanz:

$$S = G = \frac{dM}{dt} \quad (I),$$

$$S = G = M \left[ \frac{1}{p} \frac{dp}{dt} - \frac{1}{T} \frac{dT}{dt} - \frac{1}{R} \frac{dR}{dt} \right] \quad (II),$$

wobei

$S$  (kg/s) der Massenstrom des Lecks;

$G$  (kg/s) der Massenstrom der zugeführten Luft;

$M$  (kg) die Masse der im geprüften Raum befindlichen Luft;

$p$  (n/m<sup>2</sup>) der Druck des Raumes;

$T$  (K) die Durchschnittstemperatur des Raumes;

$R$  (J/kg K) die durchschnittliche Gaskonstante der im Raum befindlichen Luft und

$t$  (d) die Zeit sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, die Messungen und die Auswertung zu automatisieren und die Meßergebnisse kontinuierlich aufzunehmen.

Es hängt von den Eigenarten des Meßsystems ab, welche von den beiden obigen Beziehungen der Massenbilanzgleichung verwendet werden. Bei einem mit einem Rechner oder einem programmierbaren Mikrocomputer versehenen Meßsystem kann die Verwendung der Beziehung (I) und bei einem festprogrammierten oder analogen System die Verwendung der Beziehung (II)

von Vorteil sein. Das erfindungsgemäße Verfahren berücksichtigt also bei der Bestimmung des Leckmassenstromes nicht nur die Massennachfüllung, sondern auch die Zustandsveränderung der in dem zu prüfenden Druckraum eingeschlossenen Luft. Dadurch kann auch in dem Falle, wenn die Grenzen der Einhaltung der im Druckraum eingeschlossenen Luft nicht allzu streng gestellt sind, eine für die Messung der Leckrate gegebenenfalls vorgeschriebene strenge Fehlergrenze eingehalten werden. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde eine Meßeinrichtung entwickelt, die mit einer Kompressoranlage, einer mit dem Druckraum verbundenen Zuführungsleitung, sowie im Druckraum angeordnetem Druckmesser,

Temperaturmeßsystem und Feuchtigkeitsmeßsystem und einer mit der Zuführungsleitung eingebauten und Absperrvorrichtung versehen ist, und gemäß der Erfindung in der Zuführungsleitung eine Mengenmeßvorrichtung und zwischen der Kompressoranlage und der Mengenmeßvorrichtung ein von dem Druck des Druckraumes automatisch oder mittels einer manuellen Steuereinheit gesteuertes Regelventil eingebaut ist.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde eine weitere Meßeinrichtung geschaffen, die eine Kompressoranlage, eine die Kompressoranlage mit dem Druckraum verbindende Zuführungsleitung, eine in die Zuführungsleitung eingebaute Absperrvorrichtung sowie im Druckraum angeordnete Druckmesser, Temperaturmeßsystem und Feuchtigkeitsmeßsystem enthält und gemäß der Erfindung in der Zuführungsleitung eine Mengenmeßvorrichtung und zwischen der Kompressoranlage und der Mengenmeßvorrichtung eine Absperrvorrichtung sowie eine die Absperrvorrichtung umgehende Umgehungsleitung eingebaut sind, wobei die Umgehungsleitung mit einem vom Druck des Druckraumes automatisch oder mittels einer manuellen Steuereinheit gesteuerten Regelventil versehen ist.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde weiterhin eine Meßeinrichtung entwickelt, die mit einer Kompressoranlage, einer die Kompressoranlage mit dem Druckraum verbindenden Zuführungsleitung, in welcher eine Absperrvorrichtung eingebaut ist, sowie einem Druckmesser, einem Temperaturmeßsystem und einem Feuchtigkeitsmeßsystem, die in dem Druckraum angeordnet sind, versehen ist und gemäß der Erfindung in der Zuführungsleitung eine Mengenmeßvorrichtung eingebaut ist, des weiteren an der Zuführungsleitung zwischen der Kompressoranlage und dem Druckraum eine Umgehungsleitung angeschlossen ist, welche die in der Zuführungsleitung eingebauten Absperrvorrichtung und Mengenmeßvorrichtung umgeht und ein vom Druck des Druckraumes automatisch oder mittels einer manuellen Steuereinheit gesteuertes Regelventil, eine weitere Mengenmeßvorrichtung und eine weitere Absperrvorrichtung enthält.

Für die Meßeinrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde weiterhin ein Temperaturmeßsystem entwickelt, das mit in Reihe geschalteten Thermoelementen versehen ist, wobei erfindungsgemäß die in der Reihenschaltung jeweils zweiten Thermoelemente an verschiedenen Stellen des Druckraumes angeordnet sind, während die in der Reihe jeweils dazwischengeschalteten Thermoelemente in eine einheitliche Konstruktion in einem Raumteil kleiner als  $1\text{ dm}^3$  zusammengefaßt eine Referenzgruppe bilden, welche mit einem Referenzthermometer versehen ist.

Eine weitere Variante des Temperaturmeßsystems für die Meßeinrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält temperaturempfindliche Widerstände, die erfindungsgemäß an verschiedenen Stellen des Druckraumes angeordnet sind, wobei die Verhältnisse der Widerstandswerte der einzelnen Widerstände den Verhältnissen ihres Wirkungsbereiches entsprechen.

Es ist dabei vorteilhaft, wenn zu den an verschiedenen Stellen des Druckraumes angeordneten Widerständen Umgehungsleitungen und diese sperrende bzw. öffnende Schalteinheiten parallel geschaltet sind, wobei diese Schalteinheiten durch ein elektrisches Signal verschiedener Größe oder über einen Meßkreis oder über eine gesondert ausgebildete Steuereinheit geschaltet sind.

### Ausführungsbeispiel

Nachstehend wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1: eine Meßeinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Dichtigkeitsprüfung von insbesondere Druckräumen von Kernkraftwerken;
- Fig. 2: eine andere Meßeinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 3: eine weitere Meßeinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 4: ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Temperaturmeßsystems und/oder Feuchtigkeitsmeßsystems, insbesondere für die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienende Meßeinrichtung;
- Fig. 5: ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Temperaturmeßsystems zur Messung der Durchschnittstemperatur;
- Fig. 6: eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Temperaturmeßsystems zur Messung der Durchschnittstemperatur.

Eine bevorzugte Ausführungsform der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienenden Meßeinrichtung ist in Fig. 1 dargestellt. Ein einer integrierten Dichtigkeitsprüfung unterzogener Druckraum 5 ist über eine Zuführungsleitung 2, welche eine Absperrvorrichtung 4 enthält, mit einer Kompressoranlage 1 verbunden. In dem Druckraum 5 sind ein Druckmesser 6, ein Temperaturmeßsystem 7 und ein Feuchtigkeitsmeßsystem 8 angeordnet, welche mit einer solchen Anzahl von Fühlern und Ferngebern ausgebildet sind, die eine Durchschnittsbildung von entsprechender Genauigkeit gewährleistet. Die elektrischen Signale der Fühler und Ferngeber gelangen in eine Meß- und Steuereinheit 9, die eine programmierbare Datensammel-Steuerauswerte- und Anzeigeeinheit sein kann, z.B. ein Microcomputer. Der Meß- und Steuereinheit 9 schließt sich weiterhin eine in der Zuführungsleitung 2 angeordnete Mengenmeßvorrichtung 3 an, welche alle zur Bestimmung des Massenstromes des in der Zuführungsleitung 2 strömenden Mediums erforderlichen Parameter mißt, wie zum Beispiel die Temperatur und den Druck des durchströmenden Mediums, und diese in Form von elektrischen Signalen an die Meß- und Steuereinheit 9 weiterleitet. In der Zuführungsleitung 2 ist weiterhin ein Regelventil 10 angeordnet, das entweder durch einen in die Meß- und Steuereinheit 9

eingebauten oder auch gesondert ausgebildeten Druckregler oder durch eine manuelle Steuereinheit 12 gesteuert wird. Das Regelventil 10 kann ein Einwegventil oder — wie in Fig. 1 dargestellt — ein Zweiwegeventil sein. Bei der Ausbildung des Regelventils 10 als Zweiwegeventil wird ein Teil des von der Kompressoranlage 1 gelieferten Füllmediums über eine Leitung 11 aus dem System herausgeführt. Die in Figur 1 dargestellte Ausführungsform der Meßeinrichtung funktioniert folgendermaßen:

Die Kompressoranlage 1 füllt den Druckraum 5 über die Zuführungsleitung 2 mit dem Füllmedium mit vorgegebenen Parametern bis zum Erreichen eines vorgeschriebenen Druckes im Druckraum 5 auf. Das Regelventil 10 ist dabei in Richtung der Zuführungsleitung 2 geöffnet und in Richtung der Leitung 11 geschlossen. Die Absperrvorrichtung 4 ist währenddessen geschlossen. Nach Erreichen des vorgeschriebenen Druckes im Druckraum 5 übernimmt der in der Meß- und Steuereinheit 9 eingebaute Druckregler auf einen äußeren Befehl die Steuerung des Regelventils 10 und betätigt dieses derart, daß der Druck im Druckraum 5 auf einem vorgeschriebenen Wert gehalten wird. Über die Zuführungsleitung 2 wird dann nur eine solche Menge von Füllmedium in den Druckraum 5 geleitet, die die Massenänderung des Füllmediums im Druckraum 5 ausgleicht (infolge des Leckstromes bzw. der Zustandsveränderung des den Druckraum 5 ausfüllenden Mediums eintretende Massenänderung). In der Meß- und Steuereinheit 9 werden weiterhin die Werte des Druckes, die Temperatur- und Feuchtigkeitsgehaltswerte des Druckraumes 5 sowie der Massenstrom des Füllmediums kontinuierlich erfaßt. Nach einem vorgegebenen Programm werden in dieser Meß- und Steuereinheit 9 die Durchschnittswerte gebildet und der mit den derart ermittelten thermodynamischen Parametern korrigierten Wert des Lecks des Druckraumes 5 unter Zuhilfenahme einer der Beziehungen (I) oder (II) der Massenbilanzgleichung ermittelt. Die gemessenen und errechneten Werte werden in der Meß- und Steuereinheit 9 gespeichert und angezeigt. Die Betätigung des Regelventils 10 kann auch mittels der manuellen Steuereinheit 12 erfolgen. Sollten die zur Druckregelung und/oder Massenstrommessung dienenden Konstruktionselemente der Meßeinrichtung defekt werden, kann die Dichtigkeitsprüfung auf übliche bekannte — auf Massenverlust beruhende — Weise durch Absperrung der Absperrvorrichtung 4 fortgesetzt werden, mit Ausnutzung der Datensammel-Auswerte- und Anzeige-Funktionen der Einheit 9. Die Meß- und Steuereinheit 9 kann nicht nur in der Meßperiode, sondern auch in der Periode der Auffüllung betrieben werden. Anhand der Daten der Mengenmeßvorrichtung kann die Einheit 9 den integrierten Wert des einströmenden Füllmediums ermitteln, woraus — mit entsprechenden Korrekturen — das Nettovolumen des Druckraumes 5 errechnet werden kann. In Fig. 2 ist eine weitere Variante der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienenden Meßeinrichtung dargestellt, die sich darin von der in Fig. 1 unterscheidet, daß von der Zuführungsleitung 2 eine Umgehungsleitung 13 abgezweigt ist, die die Absperrvorrichtung 4 umgeht und sich danach wieder an die Zuführungsleitung 2 anschließt. Die Umgehungsleitung 13 ist mit dem Regelventil 10, sowie mit einer weiteren Absperrvorrichtung 14 versehen. Die weiteren Teile der Meßeinrichtung stimmen mit den in Fig. 1 dargestellten überein.

Die in Fig. 2 dargestellte Meßeinrichtung arbeitet in der Periode der Auffüllung des Druckraumes 5 derart, daß die Absperrvorrichtung 4, die Absperrvorrichtung 14, sowie das Regelventil 10 in Richtung der Umgehungsleitung 13 geöffnet sind. Während der Dauer der Messung ist die Absperrvorrichtung 4 zu schließen, während das Regelventil 10 gemäß den obigen Erläuterungen zu Fig. 1 arbeitet.

Die in Fig. 2 dargestellte Meßeinrichtung hat den Vorteil, daß die Geometrie des Regelventils 10, angepaßt an den zu erwartenden Massenstrom des während der Durchführung der Messung strömenden Füllmediums, bestimmt werden kann, wodurch eine empfindliche Regelung gewährleistet werden kann.

In Fig. 3 ist eine weitere Variante der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienenden Meßeinrichtung dargestellt, die ähnliche Vorteile wie die in Fig. 2 dargestellte Variante sichert. Hierbei zweigt sich aus der Zuführungsleitung 2 die Umgehungsleitung 13 ab, umgeht die Mengenmeßvorrichtung 3 sowie die Absperrvorrichtung 4 und schließt sich dann wieder an die Zuführungsleitung 2 an. In der Umgehungsleitung 13 sind das Regelventil 10, eine weitere Mengenmeßvorrichtung 15 und die Absperrvorrichtung 14 eingebaut. Diese Meßeinrichtung arbeitet auf die gleiche Weise wie die in Fig. 2 dargestellte mit dem Unterschied, daß während der Messung die an die Menge des Füllmediums besser anpaßbare Mengenmeßvorrichtung 15 in Betrieb ist.

Die in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellten erfindungsgemäßen Meßeinrichtungen haben gegenüber dem bekannten, auf dem Prinzip des Massenverlustes funktionierenden Meßsystem den Vorteil, daß bei ihrer Anwendung die Zeitspanne der Meßperiode der Dichtigkeitsprüfmessungen auf weniger als den vierten Teil gesenkt werden kann.

Wichtige Konstruktionsteile der Meßeinrichtung zur Dichtigkeitsprüfung stellen die Temperatur- und Feuchtigkeits-Meßsysteme dar.

Die Einhaltung der für die Dichtigkeit vorgeschriebenen, im allgemeinen äußerst strengen Anforderungen kann auf diese Weise durch Messungen nur überprüft werden, wenn die Meßeinrichtung neben der Druckmessung auch die Messung und Auswertung der den Zustand des bei der Prüfung verwendeten Füllmediums beeinflussenden weiteren Parameter — charakteristische Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt — ermöglicht. Bei großen und geteilten Räumen ist das Temperatur- und Feuchtigkeitsfeld im allgemeinen nicht homogen, deswegen sind die charakteristischen Werte mit einer entsprechenden Durchschnittsbildung zu ermitteln. Die Temperatur- und Feuchtigkeitsmeßsysteme sind somit mit mehreren Fühlern versehen und messen an mehreren Stellen des Raumes die aktuellen Werte.

Da während der Messung der Druckraum nicht zugänglich ist, werden die Meßsysteme mit Fühlern ausgebildet, die ein elektrisches Signal abgeben. Bei den bekannten und allgemein verwendeten Systemen werden die elektrischen Signale der einzelnen Fühler über jeweils gesonderte Kabel aus dem zu prüfenden Raum in außerhalb des Raumes angeordnete Datensammeleinheiten weitergeleitet und die Speisung erfolgt ebenfalls von außerhalb des zu prüfenden Raumes angeordneten Speiseeinheiten. Problematisch ist dabei die hermetische Kabeldurchführung des aus einer Vielzahl von Fühlern bestehenden Systems durch die Wandungen des zu überprüfenden Druckraumes.

Die Installierung, Inbetriebsetzung und Instandhaltung je eines solchen Systems ist außerordentlich kosten- und zeitaufwendig. Das die Daten der großen Anzahl von Fühlern sammelnde und auswertende System — insbesondere, wenn eine Auswertung zu gleicher Zeit erforderlich ist — ist ein an sich ebenfalls kostenaufwendiges System.

Bei den gemäß der Erfindung entwickelten und unten beschriebenen Lösungen des Temperaturmeßsystems und Feuchtigkeitsmeßsystems wird die Anzahl der Verkabelungen außerhalb des Druckraumes sowie der Adernpaare der hermetischen Durchführungen im wesentlichen umgekehrt proportional zu der Anzahl der verwendeten Fühler verringert. Somit ist diese Verringerung bei einer großen Anzahl von Fühlern am bedeutendsten. In dem gleichen Verhältnis verringert sich die Kanalzahl der Datensammeleinheit und vereinfacht sich auch das Auswertungsprogramm. Dadurch wird der Zeit- und Kostenaufwand Installations- und Anlagenarbeiten geringer.

Eine bevorzugte Ausführungsform des Temperaturmeßsystems und/oder des Feuchtigkeitsmeßsystems der erfindungsgemäß Meßeinrichtung ist in Fig. 4 dargestellt.

Im Druckraum 5 sind als Temperaturfühler Thermoelemente  $T_1, T_2, \dots$  angeordnet, die miteinander in Reihe geschaltet sind und eine sogenannte Thermosäule bilden. (Unter Thermoelement versteht man hierbei eine Verschmelzungsstelle von zwei geeigneten gewählten Metalldrähten.)

Die Anordnung der Thermosäule wird derart ausgebildet, daß die in der Reihe jeweils zweiten Thermoelemente an verschiedenen Stellen des Druckraumes angeordnet werden, während die jeweils dazwischen geschalteten Thermoelemente an einer anderen — beliebigen — Stelle des Druckraumes 5 in einer Einheit angeordnet sind. Die Einheit wird als Referenzgruppe 16 bezeichnet. Die räumliche Ausbreitung dieser Referenzgruppe 16 ist kleiner als  $1 \text{ dm}^3$ , somit sind ihre Dimensionen im Vergleich zu den Dimensionen des zu prüfenden Druckraumes 5 vernachlässigbar klein und die mittels der Referenzgruppe 16 erfaßte Temperatur kann als Temperatur eines Punktes des Druckraumes 5 betrachtet werden. Das Adernpaar 18 der Thermosäule ist als einziges durch die Wandung des Druckraumes 5 mittels hermetischer Durchführungen hindurchgeleitet und die beiden Adern sind an die Meß- und Steuereinheit 9 bzw. die Datensammeleinheit angeschlossen. Die Referenzgruppe 16 ist weiterhin mit einem Referenzthermometer 17 versehen, dessen elektrisches Signal ebenfalls durch die Wandung des Druckraumes 5 über eine Durchführung an die Datensammeleinheit geleitet wird.

Durch die Linearisierung der Temperatur- (thermoelektrische Spannungs-Kennlinie in dem im Druckraum 5 vorkommenden Temperaturbereich), ermittelt das in Fig. 4 dargestellte Temperaturmeßsystem den Durchschnittswert der durch die Thermoelemente erfaßten Temperaturen — einbegriffen auch die Temperatur des Referenzpunktes — nach der folgenden Beziehung:

$$t = \frac{\Delta U}{a n} + t_n \quad (\text{III}),$$

wobei

$t$ (°C)	die Durchschnittstemperatur
$U$ (V)	die thermoelektrische Spannung der Thermosäule
$(V/°C)$	die Steilheit der linearen Thermoelement-Charakteristik,
$n$	die Anzahl der Meßstellen, die Stelle der Referenzgruppe mit inbegriffen, und
$t_n$ (°C)	die Temperatur der Referenzstelle darstellen.

Durch Ausbildung einer genügenden Anzahl von Meßstellen im Druckraum 5 ist die Durchschnittstemperatur des Druckraumes 5 mittels des in Fig. 4 dargestellten Meßsystems innerhalb der vorgegebenen Fehlergrenze messbar. Es soll dazu bemerkt werden, daß der sich aus der Linearisierung der Thermoelement-Charakteristik ergebende Fehler um Größenordnungen kleiner ist als der Fehler, welchen man infolge der endlichen Anzahl der Fühler notwendigerweise erhält.

Ein Vorteil des Durchschnittstemperaturmeßsystems besteht in der geringen Anzahl der elektrischen Durchführungen und Verkabelungen außerhalb des Druckraumes, die angeschlossene Datensammeleinheit hat nur die Signale der Thermosäule und des Referenzthermometers zu empfangen, bei der Auswertung muß die Durchschnittstemperatur nicht errechnet werden, letztlich beinhaltet das Thermosäulen-Meßsystem — abweichend von den üblichen Systemen mit Thermoelementen — keinen auf eine konstante Temperatur geregelten sogenannten Kaltpunkt oder Heißpunkt.

In Fig. 5 ist eine weitere vorteilhafte Lösung zur Messung der Durchschnittstemperatur eines Raumes dargestellt. In dem zu prüfenden Druckraum 5 sind temperaturempfindliche Widerstände 19 — Widerstandsthermometer — angeordnet. Die Widerstände 19 sind in Reihe geschaltet. Durch eine in der Wandung des Druckraumes 5 ausgebildete hermetische Durchführung ist das einzige Adernpaar 20 des Meßsystems herausgeführt. Das Meßsystem wird über das Adernpaar 20 von einer an sich bekannten Speiseeinheit gespeist. An dem gleichen Adernpaar 20 ist der resultierende Widerstand des Meßsystems auf übliche Weise messbar. Durch Linearisierung der Temperatur — elektrischer Widerstand — Kennlinie der in Reihe geschalteten Widerstände in einem im Druckraum 5 vorkommenden Temperaturbereich bildet das in Fig. 5 dargestellte Meßsystem den Durchschnittswert der durch die Widerstände 19 erfaßten Temperaturen gemäß der folgenden Beziehung:

$$t = \frac{R_e - R_0}{\alpha n} - \frac{R_0}{\rho} \quad (\text{IV}),$$

wobei

$t$ (°C)	die Durchschnittstemperatur
$R_e$ (Ohm)	der gemessene resultierende Widerstandswert,
$R_0$ (Ohm)	der Durchschnittswert der Widerstandswerte der verwendeten Fühler bei $0^\circ\text{C}$ ,
$\alpha$ (Ohm/°C)	die Steilheit der linearisierten Widerstandsfühler-Kennlinie,
$n$	Anzahl der Meßstellen
$\rho$ (Ohm)	der Widerstand des die Fühler verbindenden Leitungssystems sind.

Das erfindungsgemäß ausgebildete Temperaturmeßsystem ist auch zur gewogenen Durchschnittstemperaturmessung geeignet. Das ist dann erforderlich, wenn die Verteilung der Fühler im Druckraum nicht gleichmäßig ist, d. h. die sogenannten Wirkungsbereiche der Fühler unterschiedlich sind. Die bei einer Temperatur von 0°C geltenden Widerstandswerte der einzelnen Fühler sind nach folgender Beziehung auszubilden:

$$R_{io} = R_o \frac{V_i}{V_i} \quad (V),$$

wobei

$R_i$  (Ohm) der Widerstand des an den  $i$ -ten Punkt des Druckraumes angeordneten Fühlers bei 0°C,

$V_i$  ( $m^3$ ) der Wirkungsbereich des  $i$ -ten Punktes des Druckraumes, und

$V$  ( $m^3$ ) der Durchschnittswert der Wirkungsbereiche sind.

Bei Verwendung der auf diese Weise ausgewählten Widerstände unter der Beziehung IV mißt das Meßsystem den nach dem Volumen gewogenen Durchschnittswert.

Durch Ausbildung einer genügenden Anzahl von Meßstellen im Druckraum 5 und unter Verwendung eines den jeweiligen Anforderungen entsprechenden Verhältnisses ist das beschriebene Meßsystem dazu geeignet, die gewogene Durchschnittstemperatur des Raumes innerhalb der vorgegebenen Fehlergrenze zu messen. Für die Linearisierung gilt das Gleiche wie bei dem Meßsystem mit Thermosäule, welches oben anhand der Fig. 4 beschrieben wurde. Die Vorteile des in Fig. 5 beschriebenen Meßsystems sind sinngemäß mit den oben beschriebenen von Fig. 4 übereinstimmend.

In Fig. 6 ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Durchschnittstemperaturmeßsystems gemäß der Erfindung dargestellt. Im Druckraum 5 ist ein mit in Reihe geschalteten Widerständen 19 ausgebildetes System angeordnet. Bezüglich der Anordnung der Widerstände 19 und der Bestimmung der Widerstandswerte gelten die zu Fig. 5 angeführten Erläuterungen. Parallel zu jedem einzelnen Widerstand 19 sind Umgehungsleitungen 21 geschaltet, die eine Schalteinheit 22 aufweisen. Die Schalteinheit 22 ist eine elektronische oder elektromechanische Konstruktion, deren Funktion darin besteht, auf äußeren Befehl die Umgehungsleitung 21 zu schließen, oder zu unterbrechen. Den äußeren Befehl erhalten die Schalteinheiten 22 in Form eines frequenz- oder amplitudenmodulierten Signals. Der Signalpegel der einzelnen Schalteinheiten 22 ist unterschiedlich. Die den äußeren Befehl tragenden Signale können durch einen mit dem Adernpaar 23 gekennzeichneten Meßkreis oder — wie in Fig. 6 dargestellt — einen durch ein Adernpaar 24 gekennzeichneten Steuercréis übertragen werden. Die Steuerung wird mittels einer Steuereinheit 25 durchgeführt. Die Steuereinheit 25 kann auch in der, bei der Beschreibung der Fig. 1, 2 und 3 erwähnten Meß- und Steuereinheit 9 eingebaut sein. Die Steuereinheit 25 bildet Signale mit verschiedenen Signalpegeln, die die Schalteinheiten 22 betätigen.

Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsform arbeitet folgenderweise:

Wenn alle Schalteinheiten 22 ausgeschaltet sind, funktioniert das in Fig. 6 dargestellte Temperaturmeßsystem wie das bei der Erläuterung zu Fig. 5 beschriebene und mißt die Durchschnittstemperatur des Raumes. Wenn mit Ausnahme einer Schalteinheit 22 alle anderen Schalteinheiten im geschlossenen Zustand sind, erscheint an dem Adernpaar 23 ein zu der an dem ausgewählten Fühler gemessenen Temperatur proportionales Signal.

Das erfindungsgemäß ausgebildete Temperaturmeßsystem ermöglicht somit nicht nur die Messung der Durchschnittstemperatur, sondern auch die Messung der örtlichen Temperatur mittels irgendeines Fühlers. Die der Meß- und Steuereinheit 9 angeschlossene Steuereinheit 25 kann den Abruf der einzelnen Temperaturwerte durch ein voreingestelltes Programm auch automatisch durchführen.

Die in den Fig. 4, 5 und 6 dargestellten und oben beschriebenen erfindungsgemäßen Temperaturmeßsysteme sind auch bei allen solchen Feuchtigkeitsmeßsystemen verwendbar, bei denen die Feuchtigkeitsführung auf Temperatormessung zurückgeführt ist. Bei der auf diese Weise erfolgten Messung des Durchschnittsfeuchtigkeitsgehaltes muß immer überprüft werden, wie groß das Maß der Erhöhung der Fehlergrenze ist, daß durch die Linearisierung der Kennlinie der Feuchtigkeitsfühler hervorgerufen wird.

In dem Druckraum 5 können auch — unabhängig voneinander — mehrere gemäß der Erfindung ausgebildete Temperaturmeßsysteme angeordnet werden.

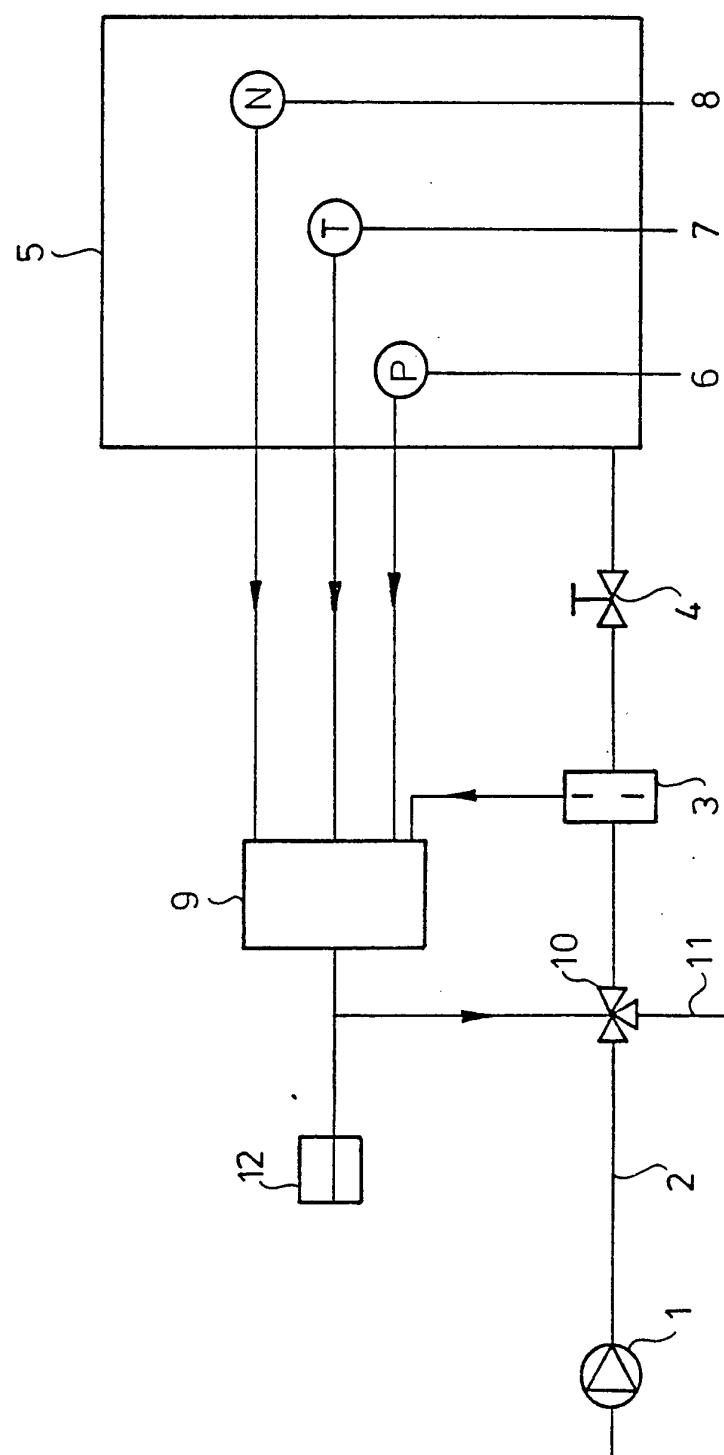


Fig. 1

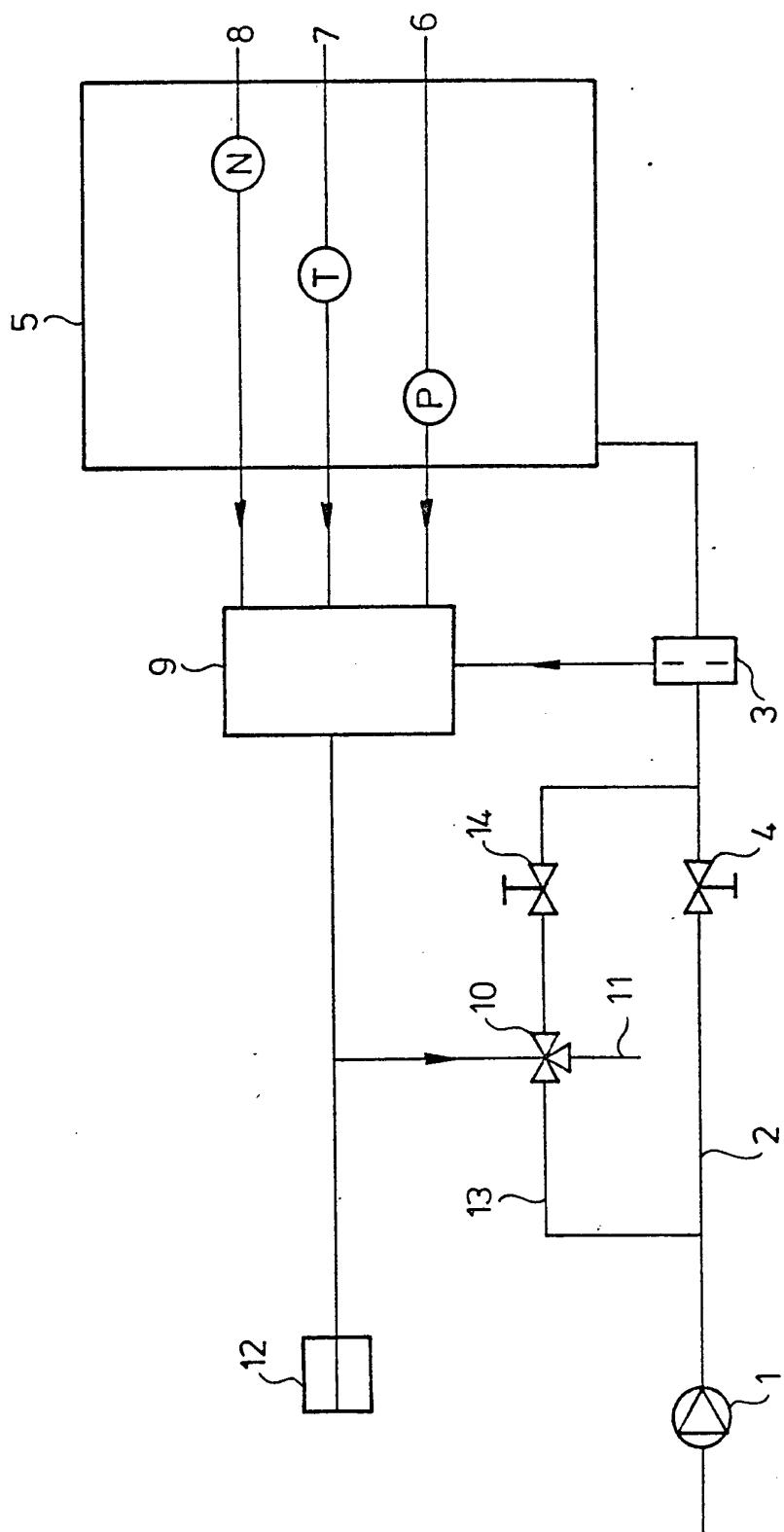


Fig. 2

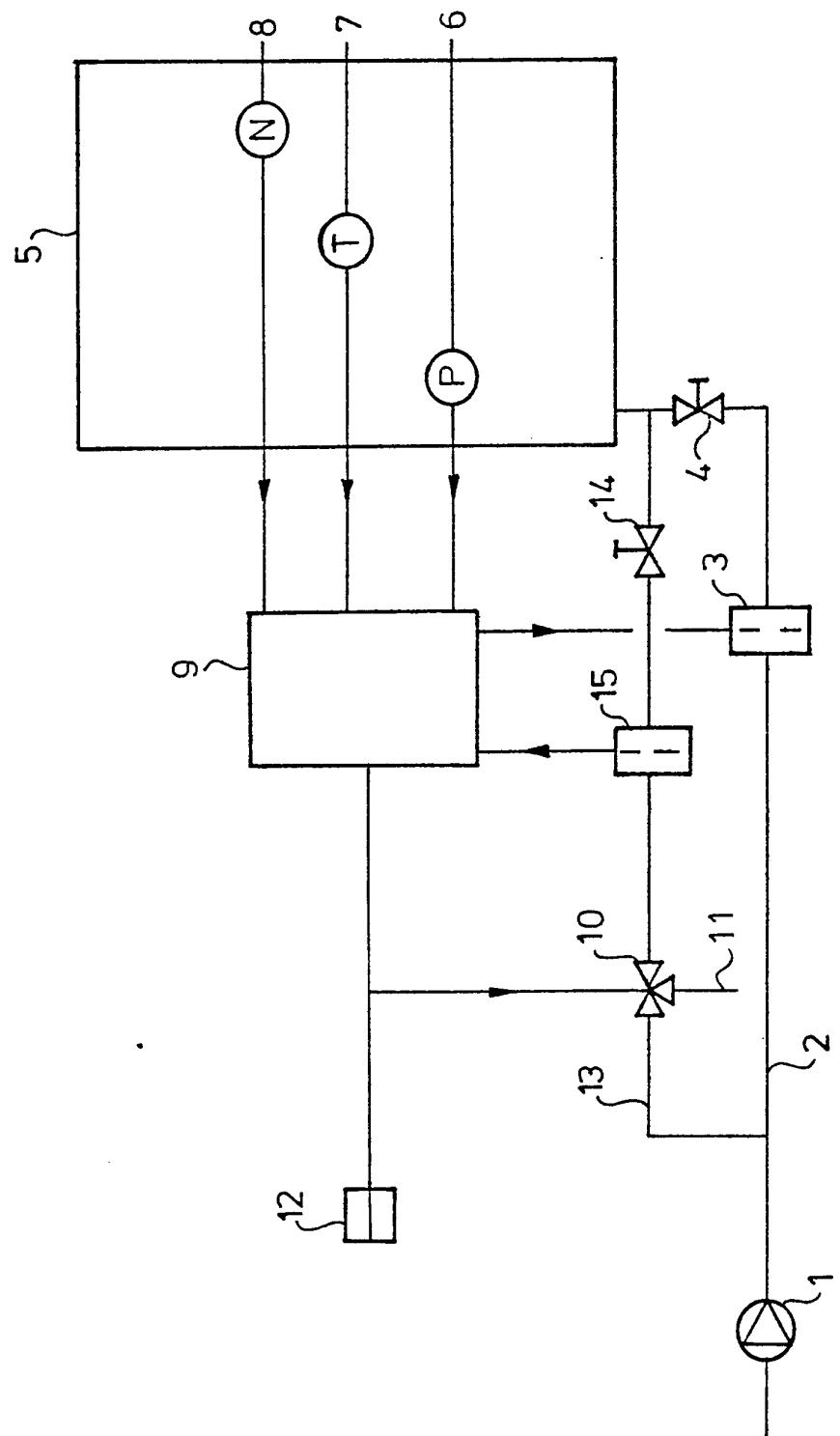


Fig. 3

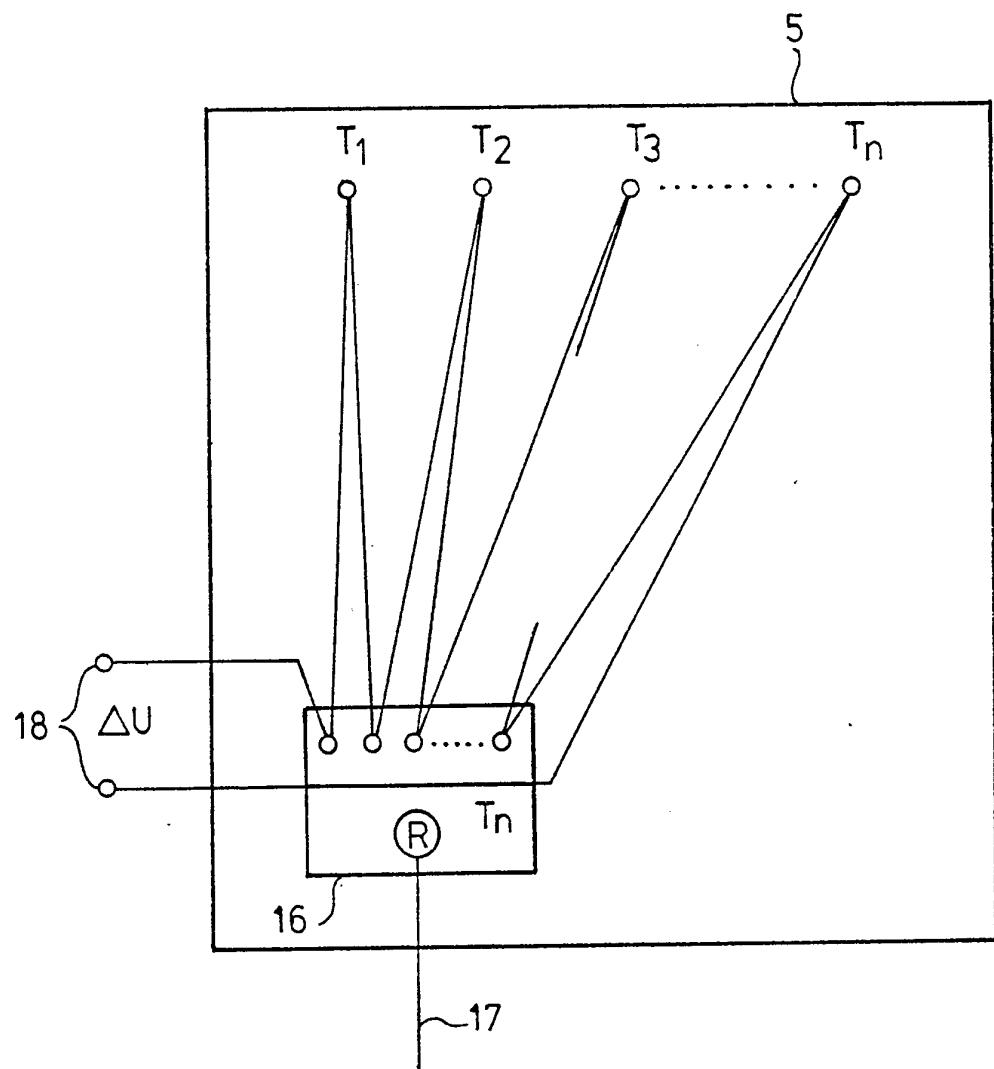


Fig. 4

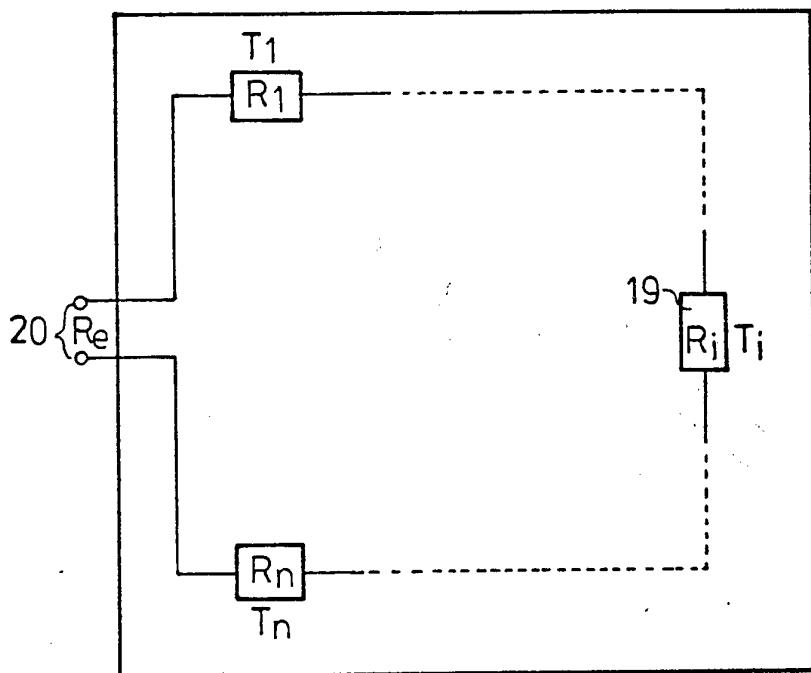


Fig. 5

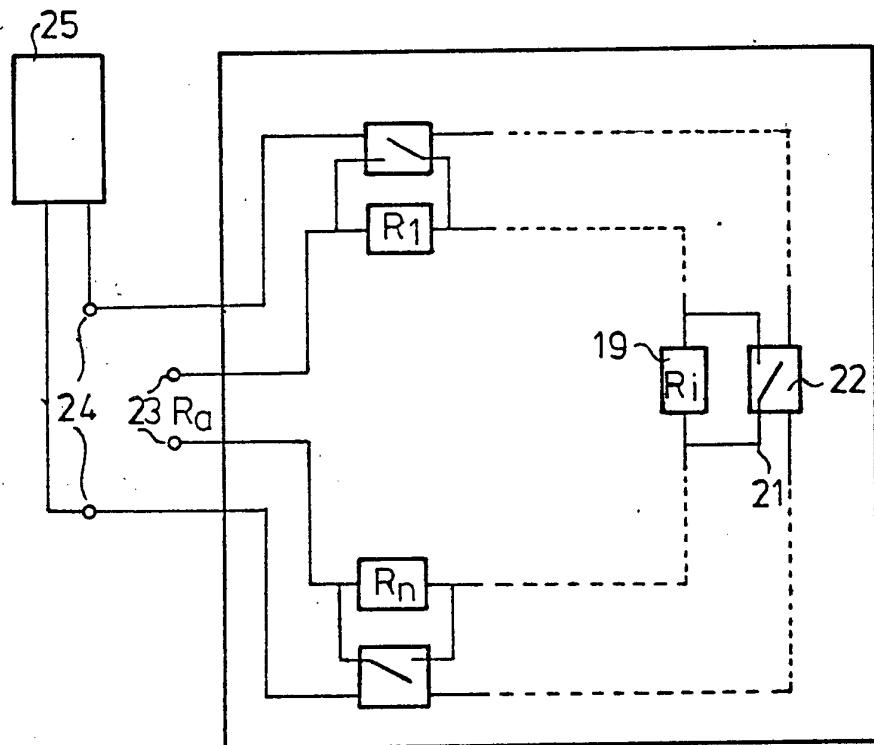


Fig. 6