



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: B 01 D 23/24
C 02 F 1/52

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(11)

632 935

(21) Gesuchsnummer: 2376/78

(73) Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

(22) Anmeldungsdatum: 06.03.1978

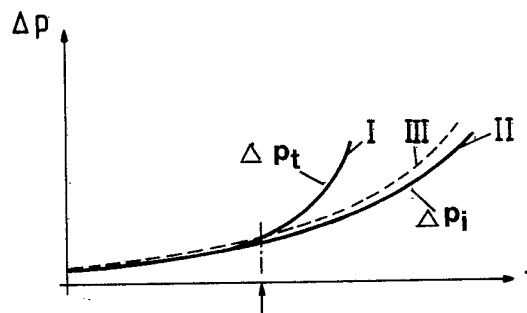
(24) Patent erteilt: 15.11.1982

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.11.1982

(72) Erfinder:
Luciano Pelloni, Zürich

(54) Verfahren zur Filtration von Suspensionen und Anwendung dieses Verfahrens zur Trinkwasseraufbereitung und zur Abwasserreinigung.

(57) Bei Raumfiltern, die in bestimmten Zeitabständen einem Rückspülungsprozess unterzogen werden, bildet sich auf der Oberfläche des Filters eine Suspensionspartikel-Schicht, die die Kapazität des Filters vermindert und zu deren Beseitigung relativ hohe Spülgeschwindigkeit erforderlich sind. Der Rückspülungsprozess erfolgt daher bereits immer dann, wenn sich auf der Oberfläche des Raumfilters eine Suspensionspartikel-Schicht zu bilden beginnt. Die Bildung dieser Schicht wird entweder durch eine kontinuierliche Druckabfallmessung oder durch Messung des Druckprofils der Filterschicht in diskreten Zeitabständen bestimmt. Dabei wird der tatsächliche Druckabfall (Δp_t) mit einem idealen Druckabfall (Δp_i), der sich ohne die an der Oberfläche des Raumfilters bildenden Suspensionspartikel-Schicht einstellen würde, verglichen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Filtration von Suspensionen unter Verwendung von Raumfiltern, die in bestimmten Zeitabständen einem Rückspülprozess unterzogen werden, dadurch gekennzeichnet, dass immer dann ein Rückspülprozess eingeleitet wird, wenn sich auf der Oberfläche des Raumfilters eine Schicht von Suspensionspartikeln zu bilden beginnt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der Suspensionspartikel-Schicht durch den Druckabfall bestimmt wird, den diese Schicht erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckabfallbestimmung derart vorgenommen wird, dass der tatsächliche Druckabfall (Δp_t) über dem gesamten Filter kontinuierlich gemessen wird und dass dieser Wert verglichen wird mit dem idealen Druckabfall (Δp_i), der sich ohne die an der Oberfläche des Raumfilters gebildete Suspensionspartikel-Schicht einstellen würde.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der Suspensionspartikel-Schicht durch Messung des Druckprofils der Filterschicht in diskreten Zeitabständen bestimmt wird.

5. Anwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4 bei der Flockungsfiltration von Trinkwasser und Abwässern.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filtration von Suspensionen unter Verwendung von Raumfiltern, die in bestimmten Zeitabständen einem Rückspülprozess unterzogen werden. Die Erfindung bezieht sich ferner auf die Anwendung dieses Verfahrens bei der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserreinigung.

Die Filtration von Suspensionen mit Hilfe von Raumfiltern, die zeitweise einem Rückspülungsprozess ausgesetzt werden, ist beispielsweise aus dem Aufsatz von J. L. Cleasby u. a.: Backwashing of Granular Filters (Journal AWWA S. 115–126 [Febr. 1977]) bekannt. Bei dieser bekannten Filtrationstechnik werden die Suspensionspartikel in den Zwischenräumen einer Schicht aus körnigem Material angelagert und zurückgehalten. Wird ein bestimmter Druckabfall über dem Filter erreicht, so wird mit Hilfe des Rückspülprozesses das eingefangene Suspensionsmaterial aus dem Filter entfernt. In der Regel werden heute solche Rückspülvorgänge automatisch gesteuert. Es handelt sich hierbei um mehrere Reinigungsphasen mit Wasser und/oder mit Luft, wobei die Filterkörner durchwirbelt werden, so dass die am Filterkorn haftenden Feststoffpartikel abgeschwemmt werden.

Bei der praktischen Verwendung dieser Verfahren, etwa bei der Abwasserreinigung, hat sich gezeigt, dass sich beispielsweise aufgrund der unterschiedlichen Grösse der Suspensionspartikel eine teilweise Verstopfung der oberflächenseitigen Poren des Filters eintreten kann, die bewirkt, dass sich auf der gesamten Oberfläche relativ schnell eine Schicht von Suspensionspartikeln ablagert. Ein derartiges Filter wirkt dann nicht mehr als Raum-, sondern als Oberflächenfilter. Die Filterkapazität wird dabei erheblich vermindert, so dass frühzeitig mit dem Rückspülprozess begonnen werden muss. Dadurch wird ein hoher Spülwasserverbrauch erforderlich, und zwar nicht nur, weil der Filter relativ häufig gespült werden muss, sondern vor allem deshalb, weil die Zerstörung der meist kuchenförmigen Suspensionspartikel-Schicht hohe Strömungsgeschwindigkeiten erfordert.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art zu schaffen, bei dem gegenüber bekannten Verfahren eine grössere Kapazität bei den Raumfiltern erreicht und ein geringerer Spülwasserverbrauch benötigt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass immer dann ein Rückspülprozess eingeleitet wird, wenn sich auf der Oberfläche des Raumfilters eine Schicht von Suspensionspartikeln zu bilden beginnt.

Die Bildung dieser Schicht kann entweder durch eine kontinuierliche Druckabfallmessung über dieser Schicht oder durch Messung des Druckprofils der Filterschicht in diskreten Zeitabständen bestimmt werden.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden, anhand von Zeichnungen erläuterten Ausführungsbeispielen.

Dabei zeigt:

Fig. 1 schematisch eine Anlage zur Abwasserreinigung, bei welcher das erfindungsgemässe Verfahren verwendet wird,

Fig. 2 schematisch den zeitlichen Verlauf des tatsächlichen Druckverlustes über dem Raumfilter (Kurve I) sowie den zeitlichen Verlauf des Druckverlustes eines idealen Raumfilters ohne Oberflächenbelegung (Kurve II).

Fig. 3 schematisch die Anordnung von Druckmessfühlern bei Messungen des Druckprofils der Filterschicht in diskreten Zeitabständen, und

Fig. 4 die Druckprofile einer Filterschicht nach Fig. 3 bei Filtrationsbeginn (Kurve I), Normalbelegung (Kurve II) und Schwebestoffschub (Kurve III).

Ziel der in Fig. 1 schematisch dargestellten Anlage zur Abwasserreinigung ist die Beseitigung von Phosphor und Schwebstoffen aus dem Abfluss einer Kläranlage. Hierbei wird die in Fig. 1 dargestellte Flockungsfiltrationsstufe verwendet. Die Flockung wird durch Zugabe von Eisen-(III)-Chlorid erzeugt, wobei gleichzeitig gelöst vorhandenes Phosphat ausfällt. Die Zugabe des Flockungsmittels erfolgt proportional zur Phosphormenge.

Mit Z_A ist in Fig. 1 der Abwasserzulauf der Flockungsfiltrationsstufe bezeichnet. Mit Hilfe der beiden Messfühler 1 und 2 werden die Phosphorkonzentration $[P]$ und der Wasserdurchsatz m kontinuierlich gemessen und mit Hilfe des Prozessrechners 3 der Mengenstrom berechnet. Ein dem Wert dieses Mengenstromes entsprechendes Signal steuert dann mit Hilfe einer Flockungsmitteldosierpumpe 4 das über den Zulauf Z_F dem Klärwasser zugesetzte Flockungsmittel. Mit 5 ist dabei die Mischstrecke bezeichnet, in der eine Vermischung von Flockungsmittel und Klärwasser erfolgt. Die durch Fällung erzeugte Suspension strömt anschliessend durch ein oder mehrere parallelgeschaltete Filter 6 und gelangt dann in die Auslaufleitung A. Jedes der Filter 6 ist mit einem Differenzdruck-Messfühler 7 versehen. Die Signale dieser Messfühler (Istwert) können vom Prozessrechner 3 abgefragt und mit einem Sollwert verglichen werden (vgl. auch Fig. 2). Übersteigt der Istwert, d. h. der tatsächliche Druckabfall Δp_t (Kurve I in Fig. 2) den Sollwert Δp_i (Kurve II) um einen vorgegebenen Toleranzbetrag (Kurve III), so wird ein Steuersignal ausgelöst, welches ein Ventil 8 (Fig. 1) schliesst und damit den Filtrationsvorgang stoppt. Liegt die Soll-/Ist-Abweichung innerhalb der Toleranzgrenze, so wird der Filtrationsvorgang fortgesetzt. Als Abbruchkriterium gilt dann das Erreichen eines vorgegebenen maximalen Druckabfalls und/oder einer vorgegebenen Filtrationszeit.

Aus den Messgrössen für Δp_t , $[P]$ und m lässt sich zu jedem Zeitpunkt der Beladungszustand des Filters errechnen. Die Beladung zum Zeitpunkt des Filtrationsabbruchs definiert dann das entsprechende Spülprogramm. Die Spülpara-

meter werden dem im Prozessrechner 3 abgespeicherten Grundprogramm für den Steuerablauf der Rückspülung übermittelt, und die Spülphase wird durch Ansteuerung entsprechender Ventile 8', 8'' und 8''' durchgeführt. Mit Z_1 ist in Fig. 1 der Zulauf für die Luftspülung, mit Z_5 der Zulauf für das Spülwasser bezeichnet.

Sind mehrere Filter parallelgeschaltet, so kann der Rechner 3 derart programmiert werden, dass jedes einzelne Filter separat kontrolliert wird. Aufgrund des berechenbaren Sollwertverlaufs ($\Delta p_i(t)$) kann für jedes Filter der Zeitpunkt der Rückspülung prognostiziert werden. Müssen gleichzeitig zwei oder mehrere Filter rückgespült werden, so entscheidet der Rechner aufgrund der ermittelten Belegungszustände über die Zeitpunkte und Reihenfolge der zu spülenden Filter. Da jeweils nur 1 Filter rückgespült wird, kann das notwendige Spülwasserreservoir erheblich verkleinert werden.

Die Ermittlung des Sollwertverlaufs für den Druckabfall $\Delta p_i(t)$ (Kurve II in Fig. 2) erfolgt mit Hilfe der folgenden experimentell bestätigten Gleichung:

$$\Delta p_i(t) = \Delta p(O) (1 - \sigma^{1/3} K t)^{-3} \text{ für } \alpha \geq 1 \quad (1)$$

wobei:

$\Delta p(O)$ = Druckabfall über dem unbelegten Filter (cm H₂O)

α = molares Konzentrationsverhalten von $[Fe^{3+}] / [P]$

K = Beladungskonstante (Zeit⁻¹)

t = Zeit

σ = $\frac{1}{K_c} ([Fe^{3+}] + [P] + [SS - K_s])$ mit K_c = Konstante des Konzentrationstherms (mg/l)

K_s = Grenzwert für den Einfluss der Schwebestoffe ≈ 6 (mg/l)

$[Fe^{3+}]$, $[P]$ = Eisen- bzw. Phosphorkonzentration (mg/l)

$[SS]$ = Schwebestoffkonzentration bedeuten.

Die Gleichung (1) konnte mit gutem Erfolg für Phosphorkonzentrationen ≤ 10 mg/l und Schwebestoffkonzentrationen ≤ 20 mg/l verwendet werden, d. h. bis zu diesen Werten trat keine Suspensionspartikel-Schicht auf der Filteroberfläche auf. Die Konstante K ist vom Filtermedium und der Oberflächenbelastung sowie von der Art der Eisendosierung abhängig. Der Vertrauensbereich für dieses Modell liegt bei $\pm 10\%$ des relativen Druckabfalls $\Delta p/\Delta p(O)$ für 95% Signifikanz.

Die Vorteile des neuen Verfahrens ergeben sich deutlich aus den im folgenden näher beschriebenen und praktisch durchgeführten Versuchsabläufen: An einen Auslauf einer mechanisch/chemisch/biologischen Abwasserreinigungsanlage wurde die in Fig. 1 dargestellte Flockungfiltrationsstufe angeschlossen. Die Filtrationsgeschwindigkeit betrug $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, der Drucksatz $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Schwebestoffge-

halt am Filterzulauf (nach Flockungsmittelzugabe) betrug 30 mg/l . Davon wurden 95% vom Filter eliminiert. Während 20 bis 30% der Betriebszeit war mit Konzentrationen bis zu 100 mg/l zu rechnen (Schwebestoffschübe).

- 5 Während einer 1. Versuchsphase von 8 Monaten wurde die Anlage nach konventioneller Art betrieben, d. h. die Rückspülung erfolgte bei Erreichen eines vorgegebenen Druckabfalls über dem Filter (im vorliegenden Fall bei $\Delta p = 1,8 \text{ m H}_2\text{O}$). Die Rückspülung wurde nach einem festen Programm durchgeführt, bestehend aus einer
 - a) Luft/Wasserphase
 - b) Luftphase
 - c) Zwischenleerung
 - d) Luft/Wasserphase
 - 15 e) Wasserphase

Beim Betrieb führten die Schwebestoffschübe zu einer Kuchen- bzw. Knollenbildung auf der Oberfläche des Filters. Ein Teil der Knollen konnte nicht mehr zerstört werden. Während 4 Wochen sank die Beladungskapazität des 20 Filters auf 60% des Anfangswertes ($100 \text{ Bettvolumina pro Filtrationsphase}$). Der Spülwasserbedarf betrug 3,5 bis 4% der durchgesetzten Wassermenge.

In einer zweiten Versuchsphase wurde der Filter nach 25 dem erfindungsgemässen Verfahren betrieben. Während der gesamten Versuchsphase blieb die Beladungskapazität des Filters unverändert bei ca. $100 \text{ Bettvolumina pro Filtrationsphase}$. Der Spülwasserbedarf betrug 1,5 bis 2% der durchgesetzten Wassermenge.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgte die Mes- 30 sung der Suspensionspartikel-Schicht mit Hilfe von Druckprofilmessungen. Die Vorrichtung entsprach im wesentlichen derjenigen nach Fig. 1. Wie Fig. 3 zeigt, wurden jetzt aber in den Filtern 6, 6' (Fig. 1) über der jeweiligen Filterschicht 9 (Fig. 3) nicht ein einziger Druckmessfühler verwendet, sondern es wurden an verschiedenen Stellen der Filterschicht einzelne Druckmessfühler P_1 bis P_8 angeordnet. Die 35 Verteilung dieser Druckmessfühler ist schematisch aus Fig. 3 ersichtlich. Die Messung des jeweiligen Druckprofils erfolgte in Abständen von 30 Minuten.

Fig. 4 zeigt die gemessenen Druckprofile an einer derartigen Filterschicht 9 (Fig. 3) bei Filtrationsbeginn (Kurve I), bei Normalbelegung (Kurve II) und bei Schwebestoffschub (Kurve III). Dabei ist die jeweilige Filterschichthöhe L als 45 Funktion des Druckabfalls Δp aufgetragen.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind insbesondere: die Filtration bei 50 der Frischwasseraufbereitung, bei der kommunalen und industriellen Abwasserreinigung sowie die Filtration von nichtwässrigen Suspensionen, z. B. in der chemischen Industrie, insbesondere der Petrochemie.

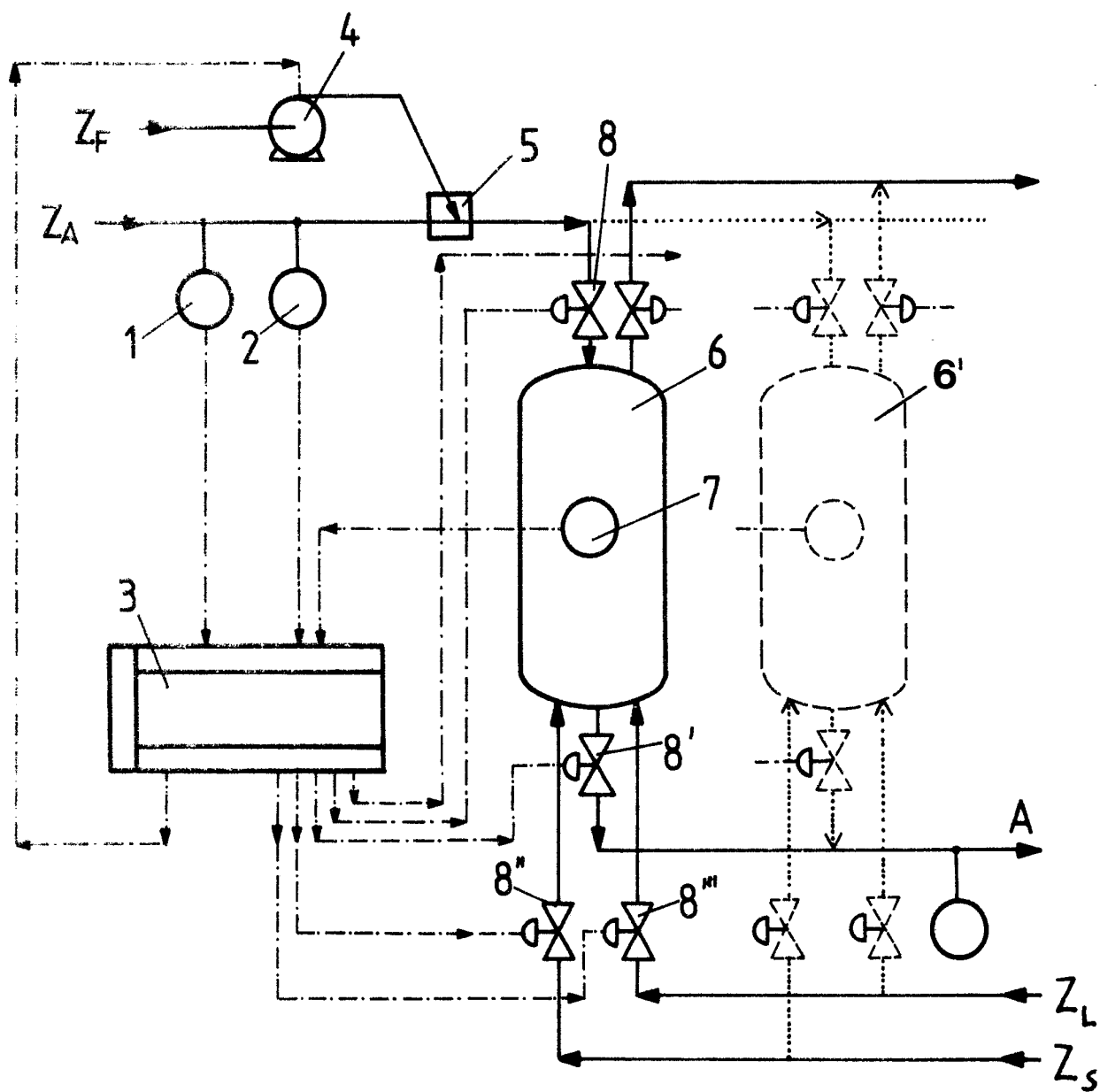


FIG. 1

FIG. 2

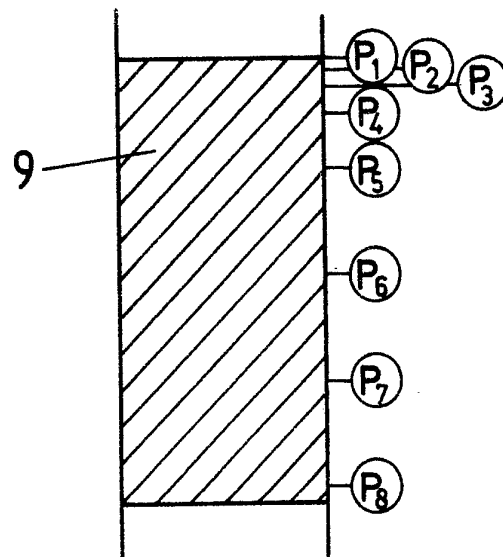
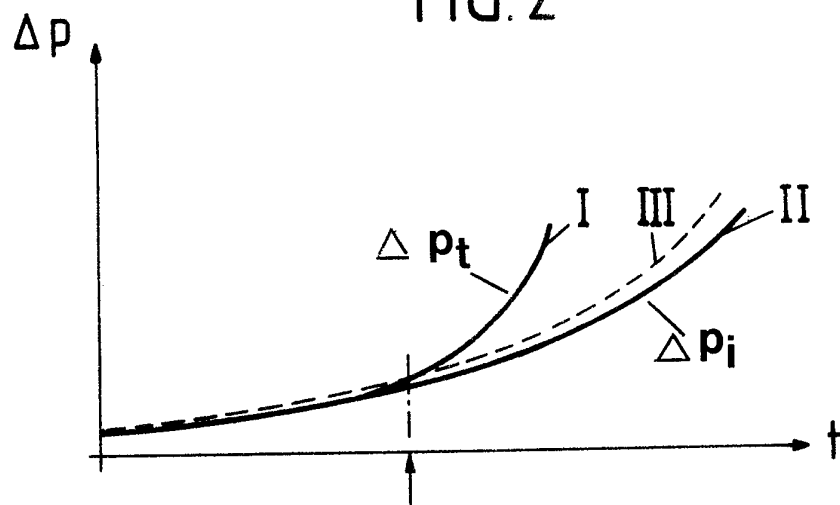


FIG. 3

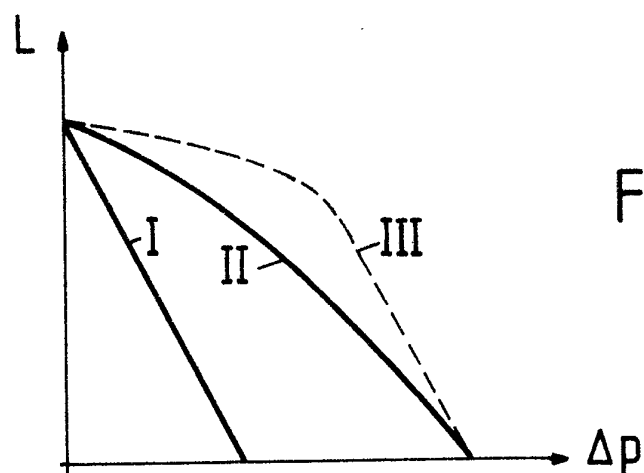


FIG. 4