



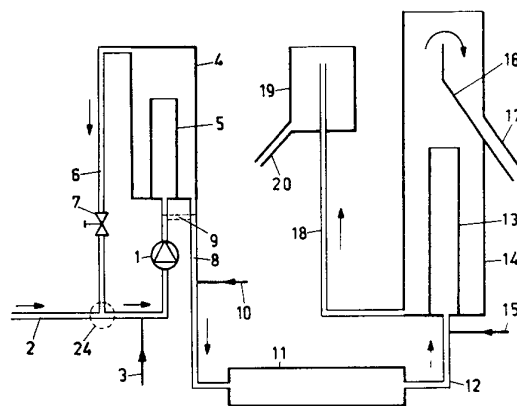
**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 3616/83</p> <p>㉑ Anmeldungsdatum: 01.07.1983</p> <p>㉒ Patent erteilt: 30.06.1987</p> <p>㉓ Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1987</p>	<p>㉔ Inhaber: Benno Perren, Wettingen</p> <p>㉕ Erfinder: Perren, Benno, Wettingen</p> <p>㉖ Vertreter: Dr. Kurt Winkler, Baden</p>
--	---

㉗ **Verfahren zur kontinuierlichen Abscheidung von Verunreinigungen in einer tensidhaltigen Flüssigkeit.**

㉘ Zur kontinuierlichen Abscheidung von Verunreinigungen in einer tensidhaltigen Flüssigkeit werden ein Elektrolyt und ein Gas in der Flüssigkeit dispers verteilt, wodurch sich Mikrofloccen bilden. Durch Beigabe eines anionischen Polyelektrolyts entstehen schlagartig aufsteigende Makrofloccen, die sich als Schlamm auf der Oberfläche der Flüssigkeit sammeln und zur Klärung derselben abgeschieden werden. Das Verfahren ist praktisch für alle Prozessflüssigkeiten anwendbar; bei Abwässern lässt sich Trinkwasserqualität erreichen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur kontinuierlichen Abscheidung von Verunreinigungen in einer tensidhaltigen Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass in die strömende Flüssigkeit zwecks Bildung von Mikrofloccen ein Gas und ein Elektrolyt eingetragen werden, das Gas in Form von mikrofeinen Gasbläschen dispers und zumindest annähernd homogen in der Flüssigkeit verteilt wird, dass nach einer Beruhigung der Strömung ein anionischer Polyelektrolyt der Flüssigkeit beigemischt wird, und die dadurch entstehenden Makrofloccen zur Klärung der Flüssigkeit abgetrennt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasbläschen aus Luft bestehen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasbläschen aus Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) bestehen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das CO<sub>2</sub> im flüssigen Aggregatzustand der verunreinigten Flüssigkeit zugeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass pro m<sup>3</sup> Flüssigkeit mindestens 15 Liter Gas zugeführt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der in der Flüssigkeit homogen verteilten Gasbläschen maximal 100 µ beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass grössere Gasblasen dem Prozess entnommen und im Kreislauf in die zuströmende verunreinigte Flüssigkeit rückgeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilung der Gasbläschen in der Flüssigkeit und die Zerschlagung und Verteilung von grösseren Verunreinigungen im selben Verfahrensschritt durchgeführt werden.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Zulaufleitung (2) für die verunreinigte, tensidhaltige Flüssigkeit, eine Zuführleitung (3) für das Gas und eine Zuführleitung (10) für den Elektrolyt in die Flüssigkeit, durch eine Einrichtung (1, 21/22) zur Feinstverteilung des Gases in der Flüssigkeit, durch einen von der Flüssigkeit anschliessend durchströmten Beruhigungsteil (8, 11), eine Zuführleitung (15) für den anionischen Polyelektrolyt in die Flüssigkeit, durch einen Schlammabscheider (14) für die entstandenen Makrofloccen und eine Ablaufleitung (18) für die geklärte Flüssigkeit.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Zentrifugalpumpe (1), die, in Strömungsrichtung der Flüssigkeit gesehen, in der Zulaufleitung (2) nach der Einmündung der Zuführleitung (3) für das Gas angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch einen Ejektor (21/22) in der Zulaufleitung (2), welcher das ihn umgebende Gas mitreisst.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch einen Abscheider (4) für die grösseren Gasblasen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Rückführleitung (6) aus dem Abscheider (4) zu der Zulaufleitung (2).

14. Eine Opferanode aufweisendes Elektrolyse-Aggregat mit einer Vorrichtung nach Anspruch 9.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Abscheidung von Verunreinigungen in einer tensidhaltigen Flüssigkeit sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Verschmutzte Flüssigkeiten, insbesondere Abwässer, weisen fast immer erhebliche Mengen von Tensiden und waschaktiven Substanzen auf Phosphorbasis auf. Entstandene Öl-in-Wasser-Gemische beispielsweise können bei Vorhandensein von Tensiden als Emulsionen über Jahre praktisch stabil bleiben. Die Tenside sind oberflächenaktive Stoffe, deren Moleküle einen

hydrophilen und einen hydrophoben Teil haben. Weil die Ölteilchen praktisch immer ein negatives Grenzflächenpotential aufweisen, lagern sich die Tensidmoleküle mit dem hydrophoben Ende an den Ölteilchen an. Die hydrophilen Moleküleenden, welche in die Wassermoleküle hineinragen, haben gegenüber den Wassermolekülen nur einen geringen Verdrängungsdruck, also eine hohe Affinität. Darum weisen Öl-Wasser-Emulsionen in der Regel eine ausserordentliche Stabilität auf und zerfallen nur sehr langsam wieder in die Öl- bzw. Wasserphase.

Müssen aus Flüssigkeiten tensid- oder phosphatbehaftete Verunreinigungen entfernt werden, so ist die Eliminierung der Tenside und Phosphate ebensowichtig wie die Entfernung der Primärverunreinigungen, also der in der Flüssigkeit suspendierten und in grösseren Ansammlungen vorhandenen Stoffe.

Emulsionen können beispielsweise mit Hilfe der Elektrolyse durch Mitfällung von Metallhydroxiden getrennt werden. Dabei fällt den an der Kathode entstehenden Wasserstoffbläschen die Aufgabe zu, die aus Metallhydroxiden und Verunreinigungen gebildeten Mikrofloccen zu flotieren. Weil aber die Wasserstoffbläschen gegenüber dem hydrophoben Ende des Tensidmoleküls eine hohe Affinität aufweisen, lagern sich die Tensidmoleküle an den Wasserstoffbläschen an und verhindern dieselben am Anlagern an den Metallhydroxiden. Darum können z. B. Abwässer mit hohem Tensidanteil mit Hilfe der Elektrolyse – unter Einhaltung einer bestimmten Stromstärke – nur ungenügend gereinigt werden. Da beim Elektrolyseverfahren die Wasserstoff-Produktion proportional der Stromstärke ist, sind diesem Verfahren bei grossen Wassermengen praktische Grenzen gesetzt.

Es war bisher nicht möglich, Phosphate im Zuge eines ablaufenden Verfahrens aus einer Flüssigkeit abzuscheiden. Man benötigt dafür ausgedehnte Becken ohne Strömung, in welchen den Phosphaten genügend Zeit zur Verfügung steht, um dekantieren zu können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit welchem verschmutzte tensidhaltige, auch Phosphate und grössere Schmutzansammlungen enthaltende Flüssigkeiten gereinigt werden können.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Verfahrensschritte des Anspruchs 1 gelöst.

Der Ablauf des Verfahrens bzw. der Vorgang der Schmutzabscheidung wird nachstehend am Beispiel eines verunreinigten, Öl und Tenside enthaltenden Abwassers beschrieben, wie solche aus Industriebetrieben, Garagen und Haushalten anfallen.

Luft – es kann auch ein anderes Gas sein – muss dispers und möglichst homogen im Wasser verteilt werden. Durch die zu ihrer Bildung aufgewendete Energie weisen die Luftbläschen ein negatives Grenzflächenpotential auf. Die Verunreinigungen sind im Wasser ebenfalls dispers verteilt und zeigen gleichfalls eine negative Ladung. Die Affinität der Tenside gegenüber der Luft bewirkt, dass sich namhafte Mengen Tensidmoleküle von den Ölteilchen und anderen Verunreinigungen in Richtung Luftbläschen verlagern. Die Stabilität einer Emulsion wird dadurch reduziert. Da die Luftbläschen und die Verunreinigungen gleicherweise ein negatives Potential aufweisen, bleiben sie zufolge ihrer dispersen Verteilung im Wasser in Schwebelage.

Vom Wasser mitgeführte grössere Schmutzansammlungen, freie Ölmengen usw. müssen beim vorliegenden Verfahren nicht vorgängig, z. B. durch Filterung, abgeschieden werden. Ganz im Gegenteil werden sie in geeigneter Weise in disperse Form gebracht, um sie gleicherweise wie die anderen, meist als Emulsion vorhandenen Verunreinigungen behandeln zu können.

Wichtig ist, dass die Ladung der Luftbläschen und der Schmutzteilchen von der ungefähr gleichen Grössenordnung ist, was bedingt, dass sie auch eine annähernd gleiche Dimension aufweisen, und zwar einen Durchmesser von maximal 100 µ. Sind sie grösser, so sind sie nicht mehr wirksam. Voraussetzung für den gesicherten Ablauf des Prozesses ist, dass die Luftbläschen in

genügend grosser Anzahl, möglichst im Überschuss vorhanden und zumindest annähernd homogen im Wasser verteilt sind.

Wird nun dem derart vorpräparierten Schmutzwasser ein Elektrolyt beigegeben, z. B. in Form eines zwei- oder dreiwertigen Eisensalzes oder eines Aluminiumsalzes, so werden die im Wasser schwebenden Schmutzpartikel an den positiv geladenen Metallionen entladen und zusammen mit den dispers verteilten, tensidbehafteten Luftbläschen von den sich bildenden Metallhydroxidverbänden adsorbiert. Auf diese Weise entstehen Mikrofloccen, die, weil sie eine positive Nettoladung aufweisen, sich gegenseitig abstossen und daher in Schwebe bleiben.

Im Abwasser enthaltene Phosphate werden beim gleichen Vorgang als schwer lösliche Eisen- oder Aluminiumphosphate gefällt. Sie bleiben so lange in Schwebe, bis sie in gleicher Weise entladen und von den vorhandenen Metallhydroxidverbänden adsorbiert werden.

Wird in das solcherart behandelte Schmutzwasser ein anionischer Polyelektrolyt, beispielsweise ein Dicyandiamid, beigegeben, so lagern sich die im Wasser enthaltenen Mikrofloccen zufolge der hohen Differenz zwischen den beiden entgegengesetzten Ladungen schlagartig an den Polyelektrolytmolekülen an und es bilden sich spontan Makrofloccen. Bei diesem Vorgang werden, soweit im Wasser noch frei vorhanden, auch weitere Luftbläschen, ladungsneutrale Schmutzteilchen, Öltröpfchen, Metallphosphate, Schwermetalle usw. miteingeschlossen. Infolge der eingeschlossenen Luftbläschen streben die als Schlamm anfallenden Makrofloccen zur Wasseroberfläche und können in bekannter Weise zur Klärung des Wassers abgeschieden werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann praktisch an jede Verunreinigungsart angepasst werden, indem unter der Vielzahl von Elektrolyten und Polyelektrolyten diejenigen ausgewählt werden, die bezüglich Molekulargewicht und Ladungsdichte am geeignetsten sind. Gemäss der Menge der Verunreinigungen in der Flüssigkeit sind sie entsprechend zu dosieren.

Für die Bereitstellung der bei diesem Verfahren benötigten Gasbläschen bietet sich naheliegenderweise Luft an, doch kann praktisch jedes beliebige Gas dafür verwendet werden. Die Bildung der Gasbläschen und ihre Verteilung in der Flüssigkeit kann beispielsweise mit Hilfe einer Zentrifugalpumpe oder eines Ejektors erfolgen. Es kann aber auch ein anderer Weg gewählt werden. Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) z. B. kann im flüssigen Aggregatzustand in die unter entsprechendem Druck stehende verunreinigte Flüssigkeit eingetragen werden, wodurch sich eine sehr gute Durchmischungsmöglichkeit der beiden Flüssigkeiten ergibt. Durch Druckentspannung oder mittels Ultraschall wird das  $\text{CO}_2$  in Form feinsten Bläschen in der zu reinigenden Flüssigkeit freigesetzt.

Für die Zerschlagung in der Flüssigkeit vorhandener grösserer Schmutzansammlungen können mit Vorteil die selben mechanischen Einrichtungen wie für die Bildung und Verteilung der Gasbläschen in der Flüssigkeit verwendet werden, nämlich ein oder auch mehrere, hintereinandergeschaltete Zentrifugalpumpen, Ejektoren oder ähnliches. Es sind aber auch noch andere Möglichkeiten vorhanden, beispielsweise die Zerteilung der Schmutzansammlungen durch Ultraschall.

Damit die Makrofloccen in der Flüssigkeit aufsteigen, ist nur eine geringe Gasmenge nötig. Es genügt im allgemeinen ein Minimum von 15 Liter pro  $\text{m}^3$  Flüssigkeit. Dabei entsteht ein schwerer Schlamm mit einem hohen Flüssigkeitsanteil. Je mehr Gas in die Flüssigkeit eingetragen wird, desto leichter und flockiger wird der Schlamm und dementsprechend weniger Flüssigkeit enthält er. So hat es der Praktiker in der Hand, einerseits durch die Grösse und Dichte der Gasbläschen in der Flüssigkeit, andererseits durch die Wahl des Elektrolyten und des Polyelektrolyten, die Art und Beschaffenheit des anfallenden Schlammes in weiten Grenzen zu variieren und eventuellen Bedürfnissen anzupassen.

Das Verfahren erlaubt die Reinigung z. B. von öl- und fettverschmutzten, tensid- und phosphathaltigen Garagen- und Haushaltabwässern, von Bohr- und Schneidölen aus der Industrie, von latexhaltigen Abwässern usw. und ermöglicht sogar die Aufbereitung von Trinkwasser. Gleichermassen ist es in der chemischen Industrie zur Abscheidung von Schwebestoffen aus verschiedenen Prozessflüssigkeiten anwendbar.

Nach diesem Verfahren ist es, wie schon oben erwähnt, nicht mehr notwendig, von der Flüssigkeit mitgeführte grössere Schmutzansammlungen vorgängig unter erheblichem Aufwand abzufiltern. Im Gegensatz zu bekannten Verfahren werden diese Ansammlungen, mit einem nur geringen zusätzlichen Energieverbrauch für die Zerteilung, in den normalen Prozessablauf eingegliedert und mit den übrigen, als Emulsion vorliegenden Schmutzteilchen wieder abgeschieden.

Nachstehend wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung mit einer Zentrifugalpumpe zur Feinstverteilung des eingetragenen Gases in der Flüssigkeit;

Fig. 2 als Variante zu Fig. 1 einen Ejektor, welcher die Funktion der Zentrifugalpumpe übernimmt.

Nach Fig. 1 wird die verunreinigte Flüssigkeit von der Zentrifugalpumpe 1 durch die Zulaufleitung 2 angesaugt und weitergefordert. Am Strömungswege zur Pumpe wird durch die Zuführleitung 3 ein Gas in die Flüssigkeit eingebracht. Beim Durchströmen der Zentrifugalpumpe 1 wird das Gas in der Flüssigkeit dispers verteilt. Von der Flüssigkeit eventuell mitgeführte grössere Schmutzansammlungen werden durch den selben Vorgang zu kleinen Teilchen zerschlagen und gleicherweise in der Flüssigkeit nahezu homogen verteilt.

Die Flüssigkeit strömt anschliessend zum Gasabscheider 4, wo sie im Trennrohr 5 nach oben geführt wird und nach dem Austritt aus dem Trennrohr wieder nach unten strömt. Zu grosse Gasblasen mit höherem Auftrieb können oben aus dem Abscheider in die Atmosphäre abgelassen werden. Oft ist es aber zweckmässig, diese Gasblasen, vorteilhafterweise zusammen mit einem Teil der Flüssigkeit, durch die Rückführleitung 6 zur Zulaufleitung 2 zu führen. Die Verteilung des Gases in der Flüssigkeit wird durch diese Rückführung unterstützt. Durch das Drosselventil 7 in der Rückführleitung 6 kann die Menge der im Kreislauf geführten Flüssigkeit gesteuert werden.

Die Flüssigkeit mit den darin dispers verteilten Gasbläschen wird durch die Leitung 8 aus dem Abscheider 4 abgeführt. Sollten keine oder nur wenige grössere Gasblasen zu erwarten sein, beispielsweise weil wegen einem nur geringen Verschmutzungsgrad der Flüssigkeit auch nur wenig Gas eingebracht werden muss oder weil zur besseren Zerschlagung von Schmutzansammlungen mehrere oder mehrstufige Zentrifugalpumpen vorgesehen sind, dann wird der Gasabscheider überflüssig. In diesem Falle gelangt die Flüssigkeit nach der Pumpe 1 über die gestrichelt eingezeichnete Zwischenleitung 9 direkt zur Abführleitung 8.

Am Strömungswege durch die Abführleitung 8 wird der Flüssigkeit durch die Zuführleitung 10 ein Elektrolyt beigegeben, wodurch, wie schon beschrieben, Mikrofloccen entstehen. Für die volle Wirksamkeit dieses Vorganges bedarf es jedoch einer guten Durchmischung der die Gasbläschen enthaltenden Flüssigkeit mit dem Elektrolyten. Zu diesem Zwecke kann beispielsweise die Leitung 8 in entsprechender Länge ausgeführt werden. Einfacher wird es im allgemeinen sein, als Beruhigungsteil das Rohr 11 mit einem mehrfachen Durchmesser gegenüber jenem der Leitung 8 vorzusehen. Die Durchmischung kann auch bewerkstelligt werden, indem der Elektrolyt vor der Pumpe 1 zugeführt wird unter Ausnützung des Abscheiders 4 als Beruhigungsteil.

Prinzipiell ist die Reihenfolge, in der das Gas und der Elektrolyt der zu reinigenden Flüssigkeit beigemischt werden, frei wählbar.

Nach dem Beruhigungsteil 11 gelangt die Flüssigkeit durch die Verbindungsleitung 12 in das Trennrohr 13 des Abscheiders 14. Am Wege dorthin – es kann auch innerhalb des Trennrohres 13 sein – wird der Flüssigkeit durch die Leitung 15 ein anionischer Polyelektrolyt zugeführt. Es bilden sich dadurch Makroflocken, was schlagartig erfolgt. Diese steigen als Schlamm nach oben und sobald sie die Scheidewand 16 übersteigen, fließen sie durch den Ablauf 17 ab. Die solcherart geklärte, nun saubere Flüssigkeit strömt zwischen dem Trennrohr 13 und dem Mantel des Abscheiders 14 nach unten, steigt in der Ablaufleitung 18 hoch und tritt in den Sammler 19 aus, von wo sie durch den Auslauf 20 abfließt.

Die Fig. 2 zeigt eine andere Möglichkeit, wie das Gas in der Flüssigkeit dispers verteilt werden kann. Die Zulaufleitung 2, durch welche die verunreinigte Flüssigkeit unter Druck zugeleitet wird, ist unterbrochen, das ausmündende Ende des einen Teils ist zur Düse 21 verengt, die in das trichterförmig erweiterte Ende 22 des anderen Teils hineinragt. Es entsteht so ein Ejektor, dessen Wirkung darin besteht, dass der scharfe Flüssigkeitsstrahl das ihn umgebende Gas mitreisst und zufolge der herrschenden Turbulenz mikrofein verteilt. Das Gas kann Luft aus der Atmo-

sphäre sein, es kann aber auch ein beliebiges Gas sein, das über die Leitung 3 in die Ummantelung 23 des Ejektors eingeleitet wird. Ist eine Rückführleitung 6 für die grösseren Gasblasen vorgesehen, so führt man zweckmässigerweise auch diese in die Ummantelung 23 ein. In diesem Falle ist das Ejektor-Aggregat an der Stelle 24 der Fig. 1 angeordnet.

Wird ein verflüssigtes Gas, z. B.  $\text{CO}_2$ , für den Prozess verwendet, so muss es unter einem entsprechenden Druck stehen. Um den sich bietenden Vorteil, nämlich die gute Durchmischungsmöglichkeit von zwei Flüssigkeiten, voll ausnützen zu können, muss auch die verunreinigte Flüssigkeit auf den Druck des verflüssigten Gases gebracht werden. Dies geschieht durch die Anordnung einer Pumpe, sofern eine solche nicht schon vorgesehen ist, sowie eines der Pumpe nachgeordneten Drosselventils in einer von der verunreinigten Flüssigkeit durchströmten Leitung. Durch das Ventil wird der notwendige Druck im Leitungsstück zwischen Pumpe und Ventil hergestellt und aufrechterhalten. In dieses Leitungsstück muss die Zuführleitung für das verflüssigte Gas einmünden. Bei der Druckentspannung hinter dem Ventil bilden sich feinste, in der zu reinigenden Flüssigkeit praktisch homogen verteilte Gasbläschen.

Es sei noch vermerkt, dass die beschriebene Vorrichtung auch in Verbindung mit einem eine Opferanode aufweisenden Elektrolyse-Aggregat verwendet werden kann.

FIG. 1

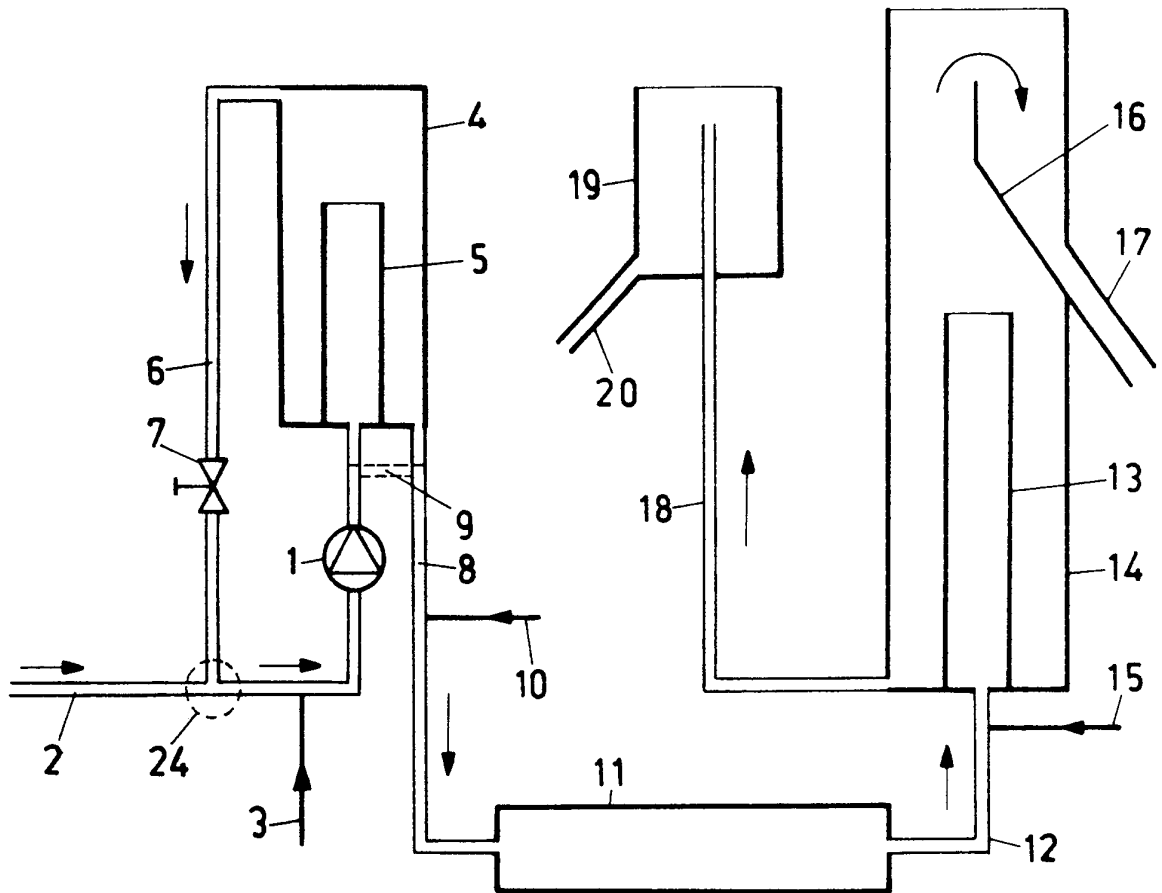


FIG. 2

