



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 236 T2** 2009.05.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 483 210 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 236.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR03/00725**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 725 270.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/076343**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.03.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **18.09.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.12.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.05.2009**

(51) Int Cl.⁸: **C02F 1/24** (2006.01)
B03D 1/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
0203066 12.03.2002 FR

(73) Patentinhaber:
Degremont, Rueil-Malmaison, Seine-et-Oise, FR

(74) Vertreter:
Bockhorni & Kollegen, 80687 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(72) Erfinder:
VION, Patrick, F-78800 HOUILLES, FR

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KLÄRUNG VON SUSPENDSABELADENEN FLÜSSIGKEI-
TEN, INSBESONDERE WASSER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verbesserungen an Verfahren, insbesondere physikalisch-chemischen Verfahren zum Klären von mit Schwebstoffen belasteten Wässern durch Flotation.

[0002] Die Flotation ist eine Klärtechnik (Fest-Flüssig-Trennung), die – wenigstens für einige Wasserarten – eine Alternative zum Dekantieren oder Absetzen darstellt.

[0003] Nach dieser bekannten Technik (siehe insbesondere „Memento Technique de l'Eau“ („Technischer Leitfaden für Wasser“) 1989, Band 1, Seiten 171 ff.) wird das Wasser nach einem Koagulations-Ausflockungsschritt mit einer „Milch“ (d. h. einer Emulsion) aus Mikrobläschen, im Allgemeinen Luft, deren durchschnittlicher Durchmesser zwischen 40 und 80 Mikron liegt, gemischt. Diese Mikrobläschen lagern sich an die Flocken an, die – auf diese Weise erleichtert – dazu neigen, zur Oberfläche der Flotationszelle aufzusteigen, wo sie sich ansammeln, um eine Schlamm- oder -decke zu bilden. Die Schlämme werden an der Oberfläche der Flotationsvorrichtung gesammelt, während das geklärte Wasser über den Boden des Gerätes abgeführt wird.

[0004] Ein Teil dieses Wassers (Menge, die im Allgemeinen 5 bis 15% der durch Klärung zu behandelnden Wassermenge beträgt) wird mit einem Druck in der Größenordnung von $4 \cdot 10^5$ bis $6 \cdot 10^5$ Pa in einen speziellen Kolben, der als Druckkolben bezeichnet wird, gepumpt, in dem sich die Luft in großer Menge auflöst, d. h. bis zur fünffachen Maximalkonzentration Luft in Wasser unter atmosphärischem Druck. Bei einer plötzlichen Druckentlastung unter atmosphärischem Druck, wird die Luft in den Zustand der Übersättigung versetzt, und es kommt zur Erzeugung von Mikrobläschen. Die Druckentlastungssysteme sind in einem speziellen Bereich angeordnet, in dem die Mischung der Mikrobläschen mit dem ausgeflockten Wasser sichergestellt wird.

[0005] Damit eine Flocke in einem Abscheider physikalisch vom Wasser getrennt wird, muss diese dicht oder groß sein. Um hingegen durch Flotation abgeschieden zu werden, reicht es aus, dass die Flocke gut geformt ist; sie kann leicht und klein sein. Die Ausflockung kann dann vereinfacht werden, wodurch die Verwendung von Polymer für die Behandlung der kaum belasteten Wässer durch Flotation quasi allgemein entfällt und kleinere Reaktionsgefäße als im Fall der Dekantiervorgänge stromabwärts einer diffusen Ausflockung verwendet werden (im Gegensatz zu den Abscheidern mit Schlammdecke oder „Ballast“).

[0006] Der Schwachpunkt der Flotation liegt darin, dass die Mikrobläschen schwer an den Mineralteilchen hängen bleiben und sie das erneute Aufsteigen

der im Wasser enthaltenen schweren Teilchen zur Oberfläche nicht gewährleisten können. Aus diesem Grund sind die Anwendungen der Flotation oftmals auf die Klärung kaum belasteter Wässer, insbesondere auf Seewasser, Bohrwasser, auf Meerwasser oder auf spezielle Industrieabwässer oder auf Waschwasser biologischer Filter begrenzt.

[0007] Unter den weiteren Besonderheiten und Vorteilen der Flotation können vor allem die Folgenden genannt werden:

- das Druckbeaufschlagungssystem ist sehr einfach und sein Hochfahren geht sehr schnell vonstatten. Die Flotationsvorrichtungen laufen nahezu sofort an; es handelt sich um Geräte, die – sogar im synkopierten Lauf – sehr einfach zu betreiben sind;
- die abgeschiedenen Schlämme sind konzentriert, und zwar bis 10–40 g/l, wenn sie abgestreift werden;
- die Mikrobläschen weisen Aufstiegsgeschwindigkeiten von 6 bis 12 m/Std. auf, was durch herkömmlicherweise begrenzte Klärgeschwindigkeiten zwischen 4 und 10 m/Std. zum Ausdruck kommt.

[0008] Trotz ihrer Vorteile sind die Flotationsvorrichtungen kaum in der Lage gewesen, mit der Generation der schnellen Lamellenabscheider mit Schlammdecke oder Ballast zu konkurrieren, vor allem aus den nachfolgenden Gründen:

- im Allgemeinen überdimensioniertes Volumen des Ausflockungsbereichs;
- relativ geringe Abscheidungsgeschwindigkeiten;
- Energiekosten der Druckbeaufschlagung und
- relativ begrenztes Anwendungsgebiet.

[0009] Seit einigen Jahren sind jedoch dank des Einsatzes von Gegenstrom-Lamellenmodulen oder speziellen Systemen zum schnellen Hochfahren Hochleistungs-Flotationsvorrichtungen aufgetaucht (US 6 174 434, EP 0 659 690). Nach diesen neuartigen Techniken könnten Klärgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 20 bis 40 m/Std. erreicht werden. Darüber hinaus haben Ausflockungsuntersuchungen gezeigt, dass die statischen oder hydraulischen Ausflocker (die mit Reihen von Ablenklechen und Stromstörern ausgestattet sind) ermöglichen, unter Durchführung einer Kolben-Ausflockung die für die Ausflockung mittels Rührers erforderliche Zeit zu halbieren, in einigen Fällen beispielsweise von 10 Minuten auf 5 Minuten. In [Fig. 1](#) der beiliegenden Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel einer Flotationsvorrichtung dargestellt, die diese Technik zum Einsatz bringt. In dieser Figur bezeichnet das Bezugszeichen **10** den Koagulator, das Bezugszeichen **11** den Ausflocker mit einer Reihe von Ablenklechen und Stromstörern, und das Bezugszeichen **12** die Flotationszelle. Der Druckkolben ist mit den Bezugs-

zeichen **13** bezeichnet. Die Schwebstoffe, die sich an der Oberfläche der Flotationszelle ansammeln, werden über ein Oberflächenabstreifsystem **14** und einen Schlammaustritt bei **15** ausgeschieden, wobei das geklärte Wasser bei **24** abgeführt wird.

[0010] Bei einer solchen bekannten Anlage, die verkürzte Ausflockungszeiten und hohe Geschwindigkeiten in der Flotationsvorrichtung **12** gewährleistet, kann die Flotation im Vergleich zum Dekantieren oder Absetzen äußerst wettbewerbsfähig werden: Das Ziel des Fachmannes ist es heute, Flotationsvorrichtungen herzustellen, deren Ausflockungszeit in der Größenordnung von 5 Minuten, mit Abscheidungs geschwindigkeiten von 30 bis 40 m³/m²·Std. liegt.

[0011] Die Flotationstechnik kehrt folglich, aufgrund der wettbewerbsfähigen Kosten dieser Technik gegenüber der Dekantier- oder Absetztechnik und auch aufgrund ihrer offensichtlichen Betriebseinfachheit, in den Bereich der Klärung kaum belasteter Wässer zurück.

[0012] Der erhebliche Nachteil der Flotation liegt hingegen darin, dass diese Technik aufgrund der Schwierigkeit, gar der Unmöglichkeit, dichte und/oder große Teilchen „zu flotieren“, ihren Anwendungsbereich nicht auf das weitreichende Gebiet des Flusswassers, Abwassers (Primär-, Regenwasser etc.), Waschwassers etc. ausweiten kann. Es wurde jedoch versucht, Flotationsvorrichtungen auszubilden, die geeignet sind, mit diesen schwierigen Wässern zu arbeiten. Die erzielten Ergebnisse bleiben jedoch sehr mittelmäßig, sowohl was die Betriebskosten als auch was die Qualität der Behandlung anbelangt. Es ist nun erforderlich, Rührsysteme, wie Schnecken einzusetzen, um Ablagerungen in den Ausflockern zu vermeiden, und ein Bodenabstreifsystem in der Flotationszelle vorzusehen. [Fig. 2](#) der beiliegenden Zeichnungen zeigt ein Ausführungsbeispiel dieses Anlagentyps. Hier sind unter dem Bezugszeichen **16** die in dem Ausflocker **11** angeordneten Schnecken und unter dem Bezugszeichen **17** die am Boden der Flotationszelle **12** platzierte Abstreifvorrichtung dargestellt. Der erhebliche Nachteil dieser Art der Ausflockung durch mechanisches Rühren besteht darin, dass sie sperrige Ausflocker erforderlich macht und zu einem „Anstieg“ der Verweilzeiten des zu behandelnden Abwassers in der Anlage führt.

[0013] Darüber hinaus erzeugt das Dekantieren schwerer Flocken am Boden der Flotationszelle **12** (wo sich der Auslaß für das behandelte Abwasser befindet) und deren erneutes Suspendieren oder Aufschlammern bei Passieren der Abstreifvorrichtung **17** ein geklärtes Wasser mittelmäßiger Qualität.

[0014] Von dem oben genannten Stand der Technik ausgehend hat sich die vorliegende Erfindung zum Ziel gesetzt, die technische Aufgabe zu lösen, die da-

rin besteht, Wässer, die nicht nur schwimmfähige Teilchen, sondern auch nicht schwimmfähige schwere Teilchen enthalten, mittels Flotation zu behandeln und gleichzeitig eine optimale Qualität des geklärten Wassers aufrechtzuerhalten, die Kompaktheit des Bereichs der hydraulischen oder statischen Ausflockung zu bewahren und eine Flotationsvorrichtung ohne Bodenschlämme zu gewährleisten.

[0015] Diese technische Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Klären von mit Schwebstoffen belasteten Wässern durch Flotation gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Klärbehandlung in zwei aufeinanderfolgenden, in einer einzigen Anlage durchgeführten Schritten erfolgt:

- einem Schritt zur statischer Ausflockung mit Abwärtsstrom, in den ein Schritt zur Primärabscheidung der schwersten Teilchen integriert ist, wobei der Bereich, in dem der Schritt der Primärabscheidung der schwersten Teilchen erfolgt, unter dem Bereich liegt, in dem der Schritt der statischen Ausflockung durchgeführt wird, und ein Abführen der schwersten Teilchen umfasst, und
- einem Flotationsschritt, der die Entfernung der leichten Teilchen sicherstellt, deren Absetzgeschwindigkeit geringer als die Trenngrenze der Flotationsvorrichtung ist.

[0016] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung für die Durchführung des Verfahrens, wie es oben erläutert ist, wobei diese Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, dass sie in einem einzigen Behälter folgendes umfasst, nämlich einen mit Ablenklechen und Stromstörern versehenen statischen Ausflocker, einen Lamellenabscheider, der unmittelbar unterhalb des statischen Ausflockers angeordnet ist, wobei die aus der Vorklärung hervorgegangenen schwersten Teilchen am unteren Teil des Ausflockers-Abscheiders abgeführt werden, sowie eine Flotationsvorrichtung mit ihrem System zur Druckbeaufschlagung-Druckentlastung, das die für die Flotation der leichtesten Teilchen erforderlichen Mikrobläschen erzeugt.

[0017] Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung liegt demnach darin, den letzten Schritt der Ausflockung in Form eines statischen Ausflockungsbereichs mit Abwärtsstrom zu realisieren, unter diesem eine Primärabscheidung mit einem Abführen der schwersten Teilchen sicherzustellen, all dies stromaufwärts des eigentlichen Flotationsbereichs; unter diesen Bedingungen bearbeitet die Flotationszelle nur leichte Teilchen, die sie auf einfache Weise herauslöst.

[0018] Weitere Merkmale sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der beiliegenden Zeichnungen hervorgehen, die in keiner Weise einschränkend zu verstehende Ausführungsbeispiele derer veran-

schaulichen. In den Zeichnungen zeigen:

[0019] die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) auf schematische Weise im Vertikalschnitt Ausführungsformen einer Kläranlage, die das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz bringt.

[0020] Bezugnehmend auf [Fig. 1](#) ist hier der Ausflocker **11** und die Flotationsvorrichtung **12** mit ihrem Oberflächenabstreifmittel **14** ersichtlich. Erfindungsgemäß wird stromaufwärts der Flotationsvorrichtung **12** ein statischer Ausflocker mit Ablenkbleichen **18** vorgesehen, unter dem ein Lamellenabscheidemodul **19** angeordnet ist. Die durch den Ausflocker **18** und das Lamellenabscheidemodul **19** realisierte Gesamtanordnung bildet den Bereich der statischen Ausflockung mit Abwärtsstrom-Primärabscheidung der schwersten Teilchen, wobei letztere bei **20** am unteren Teil dieses Bereichs abgeführt werden.

[0021] Dank dieser Ausführung ermöglicht die Erfindung die Behandlung der meisten Wasserarten, einschließlich derjenigen, die Teilchen enthalten, welche zum Abscheiden zu leicht und zum Flotieren zu schwer sind.

[0022] Die Stufe der Lamellenabscheidemodule **19**, welche unter den Stromstörern oder Ablenkbleichen des statischen Ausflockers **18** gelegen ist, erfüllt neben dem Abscheiden der schwersten Teilchen zwei ergänzende Aufgaben:

- durch Vermehren der Ablagerungsflächen ermöglicht sie, Teilchen aufzufangen, deren Absetzgeschwindigkeit **5** bis **20** geringer ist als die Geschwindigkeit des Durchlaufens der Flotationszelle. Die Geschwindigkeit der zurückgehaltenen kleinsten Teilchen definiert das sogenannte Trennvermögen des Abscheiders;
- durch Erzeugen eines im wesentlichen laminaren Betriebs innerhalb der Lamellenmodule, der für einen letzten Ausflockungsschritt der leichtesten und zerbrechlichsten Teilchen bei sehr geringer Energie sorgt, bei dem sie abschließend „reifen“ und Struktur annehmen können.

[0023] Die schwereren Teilchen setzen sich innerhalb der Rohre oder Platten der Lamellenabscheidemodule **19** ab. Diese Module bilden gegenüber der Horizontalen einen Winkel, der größer als der Neigungswinkel der Teilchen ist, d. h. dass die genannten Teilchen, wenn sie sich auf diesen Modulen abgesetzt haben, schrittweise nach unten gleiten. Bei dieser Bewegung rollen diese Teilchen oder Flocken und ballen sich mit anderen Teilchen zusammen. Am unteren Teil des Lamellenabscheidemoduls **19** werden sie dann größer und dichter sein, und ihre Eigenabsetzgeschwindigkeit wird erheblich höher sein. Unter diesen Bedingungen werden sie am Ausgang des Lamellenabscheidemoduls den Hydraulikstrom mit Leichtigkeit durchqueren und den Boden des Ausflo-

ckers-Abscheiders erreichen, wo sie sich anhäufen, bevor sie bei **20** abgeführt werden. In dem anhand von [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt dieses Abführen mittels Schwerkraft, während dieses Abführen bei der Ausführungsform der [Fig. 4](#) (die darüber hinaus mit der Ausführungsform der [Fig. 3](#) identisch ist) über ein Abstreifsystem **21** vollzogen wird.

[0024] Der Hydraulikstrom, der anschließend in Richtung der Flotationszelle **12** geleitet wird, ist dann von den schwersten Teilchen befreit, die durch das Lamellenabscheidemodul **19** aufgefangen worden sind, und ist nur noch mit den leichten Teilchen belastet, die für die Flotation durch die Schritte der statischen Ausflockung (bei **18**) und der laminaren Ausflockung (bei **19**) strukturiert worden sind.

[0025] Die Ausflockung kann eine mechanische Ausflockung ohne Reagens sein, d. h. dass die Flocke sich einfach unter der Wirkung der Wirbelung des Rührens, die durch statische Vorrichtungen (Stromstörern, Ablenkbleche) oder durch mechanische Vorrichtungen (Schnecken, Rührer) erzeugt werden kann, bildet und größer wird. Dies ist beispielsweise der Fall bei biologischen Flocken.

[0026] Jedoch ist die Ausflockung meist ein physikalisch-chemisches Phänomen. Sie umfasst einen ersten Koagulationsschritt, im Laufe dessen die Mikropartikel (Kolloide) durch Zugabe eines Metallsalzes (Fe^{+++} oder Al^{+++}) destabilisiert werden (ihr Zeta-Potential wird neutralisiert), wodurch ihnen ermöglicht wird, sich im zweiten Schritt, dem sogenannten Ausflockungsschritt, zusammenzuballen und größer zu werden, um leichte Flocken zu bilden.

[0027] Im Allgemeinen reicht dieser Schritt für die Flotation aus. Um dichtere, größere, für das Dekantieren geeignete Flocken zu bilden, wird ein Polymer zu Beginn der Ausflockung eingespritzt.

[0028] In dem anhand von [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz bringende Anlage eine zusätzliche, in Bewegung gehaltene Zelle zur mechanischen Ausflockung **22**, in die ein Flockungsmittel (Polymer) eingespritzt werden kann, wobei diese Zelle **22** stromaufwärts des statischen Ausflockers **18**-Abscheiders **19** angeordnet ist.

[0029] Damit das Verfahren vollkommen wirkungsvoll ist, d. h. damit es ermöglicht, die Schwebstoffe zu 100% zu entfernen, ist es erforderlich, dass die Geschwindigkeit der in dem Ausflocker-Abscheider zurückgehaltenen Teilchen (Geschwindigkeit, die dem Trennvermögen des Abscheiders entspricht) geringer als oder gleich der Absetzgeschwindigkeit der schwimmfähigen Teilchen ist.

[0030] Um dieses Merkmal zu veranschaulichen, sind im Anschluss einige Beispiele gegeben:

- 1 – Wenn der Ausflocker **18**-Abscheider **19** die Teilchen mit Geschwindigkeiten von mehr als 10 m/Std. (Trennvermögen des Abscheiders) zurückhält und wenn die Flotationsvorrichtung **12** nur die Teilchen „flotieren“ kann, deren Absetzgeschwindigkeit unter 5 m/Std. liegt, so ergibt sich hieraus, dass die Teilchen, deren Absetzgeschwindigkeiten zwischen 5 und 10 m/Std. liegen, sowohl den Ausflocker-Lamellenabscheider als auch die Flotationsvorrichtung durchlaufen werden, um schließlich das geklärte Wasser zu verunreinigen.
- 2 – Wenn hingegen der Ausflocker-Abscheider die Teilchen mit Geschwindigkeiten von über 4 m/Std. zurückhält und wenn die Flotationsvorrichtung die Teilchen flotieren kann, deren Absetzgeschwindigkeit unter 5 m/Std. liegt, dann wird die gesamte Anlage (Ausflocker-Abscheider + Flotationsvorrichtung) 100% der Teilchen zurückgehalten haben.
- 3 – Wenn der Ausflocker-Abscheider die Teilchen mit Geschwindigkeiten von mehr als 1 m/Std. zurückhält und wenn die Flotationsvorrichtung die Teilchen flotieren kann, deren Absetzgeschwindigkeit unter 10 m/Std. liegt, ist erneut offensichtlich, dass die Anlage 100% der Teilchen zurückgehalten haben wird; man muss jedoch feststellen, dass diese Vorrichtung überdimensioniert ist oder dass die Reagenzien überdosiert sind.

[0031] Auf der Grundlage einer vernünftigen Dimensionierung der Anlage stellt sich somit heraus, dass es möglich ist, letztere, gemäß der Erfindung, zu steuern, um durch Einwirken auf die jeweiligen Dosen des Koagulans und des Flockungsmittels (Polymer) die Behandlung aller Wasserarten abzudecken.

[0032] Was die drei in den vorstehenden Beispielen untersuchten Fälle betrifft, wird folgendes ausgeführt:

- 1 – Im ersten Fall werden zur Verbesserung des Betriebs mehrere Wege angeboten: Es ist zunächst durch Erhöhen der Dosen des Koagulans möglich, die Struktur der den Ausflocker-Abscheider verlassenden schwersten Teilchen oder Flocken derart zu verändern, dass sie trotz Absetzgeschwindigkeiten von 10 m/Std. aufschwimmen können. Es kann auch auf Seiten des Auflockers ein leistungsfähigeres Lamellenabscheidemodul angeordnet werden, um ein Trennvermögen von unter 5 m/Std. zu haben (beispielsweise durch Annahme eines kleineren Durchmessers oder einer größeren Länge für die das Modul bildenden Rohre, was zu einer Vergrößerung der Ablageungsfläche führt). Es ist offensichtlich leichter, die Polymerdosierung derart zu erhöhen, dass alle nicht schwimmfähigen Flocken oder Teilchen eine Absetzgeschwindigkeit von über 10 m/Std. aufweisen.
- 2 – Im zweiten Fall stellt man fest, dass die Rea-

gensdosen und die Dimensionierung in angemessener Weise gewählt sind.

3 – Im dritten Fall ist klar, dass eine Überdosierung vorliegt. Es ist erforderlich, entweder das Flockungsmittel (Polymer) zu reduzieren oder wegzulassen oder die Dosis des Koagulans zu verringern; die Wahl ist von der Behandlungsweise abhängig. Die Verringerung des Koagulans ist oftmals wirtschaftlich vorteilhafter. Die Reduzierung des Polymers begrenzt jedoch die Verunreinigungsfähigkeit des Wassers, ein besonders kritischer Faktor, wenn sich an das Gerät ein Filter oder eine Membran-Behandlung anschließt.

[0033] Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass die Erfindung ermöglicht, gewissermaßen alle Wasserarten zu behandeln und die Dosierung der Reagenzien leicht zu optimieren.

[0034] Es wird nun ein Durchführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Dieses Beispiel bezieht sich auf Versuche, die an einem relativ belasteten Flusswasser durchgeführt wurden, das nicht direkt nach der herkömmlichen Flotationstechnik behandelt werden konnte.

[0035] Die Merkmale des behandelten Rohwassers waren folgende:

- Temperatur zwischen 5 und 7°C;
- Schwebstoffe: 60 bis 195 g/m³;
- Trübung 37 bis 110 NTU.

[0036] Es wurde eine Piloteinheit mit 30 m³/Std. von der anhand von [Fig. 5](#) veranschaulichten Art, d. h. mit den folgenden Hauptmerkmalen verwendet:

- ein Mischer mit starker mechanischer Rührbewegung, in den das Koagulans eingeleitet wird;
- eine Stufe mechanischer Ausflockung mittels Rührer **22**, in die das Polymer oder Flockungsmittel eingeleitet wird;
- eine Stufe statischer Ausflockung **18**, die eine Verweilzeit von 4 Minuten und einen Querschnitt von 0,8 m² sowie von oben nach unten drei Reihen von Stromstörern aufweist und unter der ein Lamellenabscheider **19** und ein Trichter **23** zur Rücknahme der dekantierten Teilchen oder Flocken angeordnet ist. Dieses Lamellenmodul ist von Leitungen mit sechseckigem Querschnitt, mit einer Höhe von 50 mm und einer Länge von 750 mm gebildet. Es entfaltet eine aktive Fläche von 8,7 m² pro eingebautem m², was bedeutet, dass es in der Lage ist, die Geschwindigkeit der durch diesen Abscheider zurückgehaltenen kleinsten Teilchen durch 8,7 zu dividieren (vgl. Formel von Hazen). Die scheinbare Geschwindigkeit in dem Ausflocker kann nur die Teilchen zurückhalten, die bei mehr als 37,5 m/Std. absitzen (30 m³/Std./0,8 m²). Dank des Lamellenabscheidemoduls **19** ist es möglich, Teilchen zurückzuhalten, die bei $37,5/8,7 = 4,3$ m/Std. oder mehr absitzen (Trenn-

vermögen des Lamellenabscheidemoduls);
 – wobei die eigentliche Flotationszelle **12** eine Querschnittsfläche von 1 m² aufweist. Die scheinbare Geschwindigkeit bei diesem Querschnitt beträgt folglich 30 m/Std.

[0037] Darüber hinaus war diese Piloteinheit mit einem mit dem Bezugszeichen **13** bezeichneten System zur Druckbeaufschlagung-Druckentlastung ausgestattet, das Mikrobubbles mit einem Durchmesser von unter 100 µm erzeugt, die dem in die Flotationszelle **12** eintretenden ausgeflockten Wasser beigegeben werden.

[0038] Bei unterschiedlichen Reagensdosierungen sehen die an dieser Piloteinheit erzielten Ergebnisse wie folgt aus:

- 1 – Koagulans = 25 g/m³ und Polymer = 0,2 g/m³
 Behandeltes Wasser:
 – Trübung = 0,6 bis 1,1 NTU
 – Schwebstoffe = 0,9 bis 2 g/m³
- 2 – Koagulans = 25 g/m³ und Polymer = 0 g/m³
 Behandeltes Wasser:
 – Trübung = 2 bis 4 NTU
 – Schwebstoffe = 5 bis 9,8 g/m³
- 3 – Koagulans = 50 g/m³ und Polymer = 0 g/m³
 Behandeltes Wasser:
 – Trübung = 1 bis 1,9 NTU
 – Schwebstoffe = 2,5 bis 4,2 g/m³
- 4 – Koagulans = 50 g/m³ und Polymer = 0,2 g/m³
 Behandeltes Wasser:
 – Trübung = 0,4 bis 0,9 NTU
 – Schwebstoffe = 0,9 bis 1,8 g/m³

[0039] Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die an dieser Piloteinheit erzielten praktischen Ergebnisse ermöglicht haben, folgendes zu bestätigen:

- das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, einen Leistungsgrad hinsichtlich der Beseitigung der Schwebstoffe, sogar bei relativ belasteten Wässern, von über 90% zu erzielen;
- die Einstellung der jeweiligen Dosen an Koagulans und Flockungsmittel ermöglicht eine Anpassung der jeweiligen Leistungen des Ausflockers-Abscheiders und der Flotationsvorrichtung;
- die Ergebnisse des Versuchs Nr. 4 sind als Absolutwert die zufriedenstellendsten, jedoch auf Kosten eines hohen Koagulansverbrauchs (Überdosis). Die besten Betriebsbedingungen sind die des Versuchs Nr. 1.
- zumindest im Fall der oben genannten Rohwasserseigenschaften ist bestätigt, dass das Nichtvorliegen oder das unzureichende Vorliegen von Flockungsmittel dem Ausflocker-Abscheider nicht ermöglicht, die schweren Teilchen angemessen zurückzuhalten.

[0040] Ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen, können unterschiedliche Durchführungs- und/oder Ausführungsvarianten in Betracht

gezogen werden.

[0041] So kann in allen Fällen, in denen eine physikalisch-chemische Koagulation erforderlich ist, der Ausflockungszelle ein Bereich zum Mischen unter hoher Energie, um das Koagulans zu mischen, vorgeschaltet sein (Reaktor mit Rührer, statischer Aufwärtsreaktor mit hohem Druckverlust, Zumischer, Überlauf etc.). Das Flockungsmittel (Polymer) wird, sofern erforderlich, am Ausgang des Mischbereichs oder in den ersten bewegten Ausflocker eingeleitet. Diese Variante entspricht der oben betrachteten [Fig. 5](#).

[0042] Entsprechend der Größe der Ausflockungs-Abscheidezelle erfolgt das Abführen der Bodenschlämme entweder durch einen Trichter **23** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5](#)) oder mittels einer Abstreifvorrichtung **21** ([Fig. 4](#)) oder über jedwedes andere, seitens des Fachmannes bekannte Schlammabreinigungssystem.

[0043] Wenn die Verweilzeit es erforderlich macht, kann bzw. können der Zelle zur statischen Ausflockung eine oder mehrere Stufen zur Ausflockung mittels Rührer vorgeschaltet sein. Diese Zellen werden in Bewegung gehalten, um Ablagerungen zu vermeiden.

[0044] Wenn ein zu behandelndes Abwasser stark schwebstoffbelastet ist, sind die Leistungen der Flotationsvorrichtung durch den abzuführenden Massenstrom (kg/m²-Std) begrenzt. Die Behandlungsgeschwindigkeit ist dann proportional zum Massenstrom reduziert.

[0045] Aus der vorstehenden Beschreibung wird verständlich, dass das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, einen Teil der Schwebstoffbelastung in dem Ausflocker-Abscheider durch Erhöhen der Dosis an Flockungsmittel (Polymer) zu beseitigen. Der Massenstrom an der Flotationsvorrichtung ist ebenfalls beträchtlich reduziert, wodurch es ihr möglich ist, mit hoher Geschwindigkeit zu arbeiten und dabei eine Vollendungsfunktion zu übernehmen. Dank der Erfindung, die darin besteht, zwei Behandlungsschritte, nämlich Ausflockung-Abscheiden und Flotation zu kombinieren, weist somit jedes Schwebeteilchen, das nicht im Bereich des Ausflockers-Abscheiders zurückgehalten wird, eine Absetzgeschwindigkeit auf, die unter der Flotationsgeschwindigkeit liegt, wodurch es möglich ist, dessen Beseitigen während des Flotationsschrittes sicherzustellen.

[0046] Das Verfahren, wie es beschrieben ist, steht im Gegensatz zu der Tendenz der Vorurteile des Fachmannes, der – jedes Mal, wenn es um Flotation geht – versuchen wird, Reagenzien zu verwenden, die geeignet sind, die Flocke leichter zu machen, während die Erfindung hingegen insbesondere ver-

sucht, die schweren Teilchen zu verdichten.

[0047] Darüber hinaus – bemüht um die maximale Kompaktheit der Anlagen, und immer noch entgegen dem Trend des Fachmannes – setzt die Erfindung ein Lamellenabscheidesystem ein, das entwickelt ist, um nur teilweise wirksam zu sein (die Lamellenabscheider werden normalerweise zur Feinabscheidung verwendet...), und verwendet die Flotationsstufe als einen Vollendungsschritt.

[0048] Abschließend sei gesagt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen und dargestellten Ausführungsbeispiele begrenzt ist, sondern dass sie alle Varianten umfasst. So kann die erfindungsgemäße Vorrichtung stromaufwärts des Ausflockers-Abscheiders einen Mischer oder ein Reiheneinspritzmittel umfassen, das beispielsweise an dem diesen Ausflocker-Abscheider versorgenden Überlauf vorgesehen werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klären von mit Schwebstoffen belasteten Wässern durch Flotation, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Klärbehandlung in zwei aufeinanderfolgenden, in einer einzigen Anlage durchgeführten Schritten erfolgt:

- einem Schritt zur statischen Ausflockung mit Abwärtsstrom, in den ein Schritt zur Primärabscheidung der schwersten Teilchen integriert ist, wobei der Bereich, in dem der Schritt der Primärabscheidung der schwersten Teilchen erfolgt, unter dem Bereich liegt, in dem der Schritt der statischen Ausflockung durchgeführt wird, und ein Abführen der schwersten Teilchen umfasst, wobei die Absetzgeschwindigkeiten der schwersten Teilchen, die bei diesem Schritt der statischen Ausflockung/Primärabscheidung zurückgehalten werden, geringer als die oder gleich den Absetzgeschwindigkeiten der schwimmfähigen Teilchen sind,
- einem Flotationsschritt, der die Entfernung der leichten Teilchen sicherstellt, deren Absetzgeschwindigkeit geringer als die Trenngrenze der Flotationsvorrichtung ist,
- wobei der Schritt der statischen Ausflockung stromaufwärts des Flotationsschrittes vorgesehen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Ausflockungsschritt ein Schritt zum Mischen unter hoher Energie für das Einleiten eines oder mehrerer Reagenzien (Koagulans, Polymer etc.) vorangeht.

3. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schritt des statischen Ausflockens ein oder mehrere Schritt(e) des Ausflockens unter Rühren vorangehen.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie in einem einzigen Behälter folgendes umfasst, nämlich einen mit Ablenkblechen und Stromstörern versehenen statischen Ausflocker (**18**), einen Lamellenabscheider (**19**), der unmittelbar unterhalb des statischen Ausflockers (**18**) angeordnet ist, wobei die aus der Vorklärung hervorgegangenen schwersten Teilchen am unteren Teil des Ausflockers-Abscheiders abgeführt werden, wobei der statische Ausflocker (**18**) stromaufwärts einer Flotationsvorrichtung (**12**) vorgesehen ist, die ein System zur Druckbeaufschlagung-Druckentlastung (**13**) umfasst, das die für die Flotation der leichtesten Teilchen erforderlichen Mikrobläschen erzeugt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner eine oder mehrere unter Rühren gehaltene Zelle(n) (**22**) zur mechanischen Ausflockung umfasst, in die das Einspritzen eines Flockungsmittels erfolgt, wobei die genannte Zelle zwischen dem Koagulator (**10**) und dem statischen Ausflocker (**18**)-Lamellenabscheider (**19**) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie stromaufwärts des Ausflockers-Abscheiders einen Mischer oder ein Reiheneinspritzmittel umfasst, das an dem diesen Ausflocker-Abscheider versorgenden Überlauf angeordnet werden kann.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

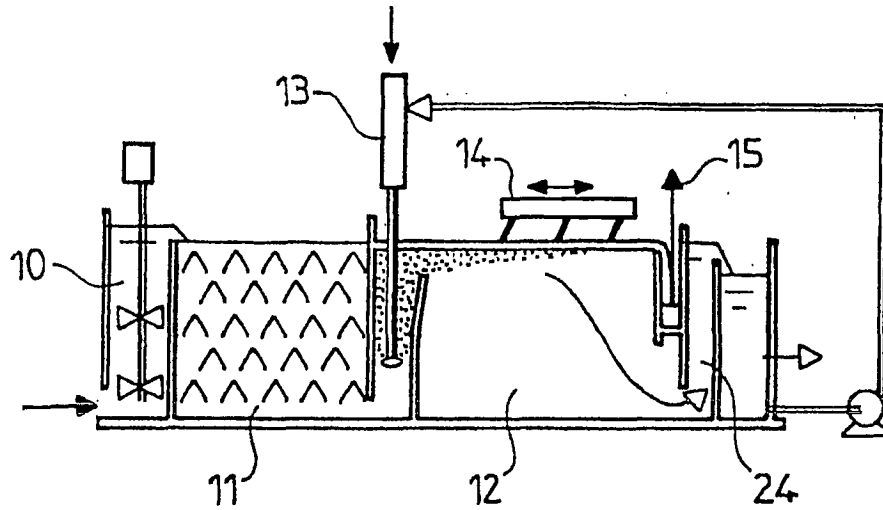


FIG.1

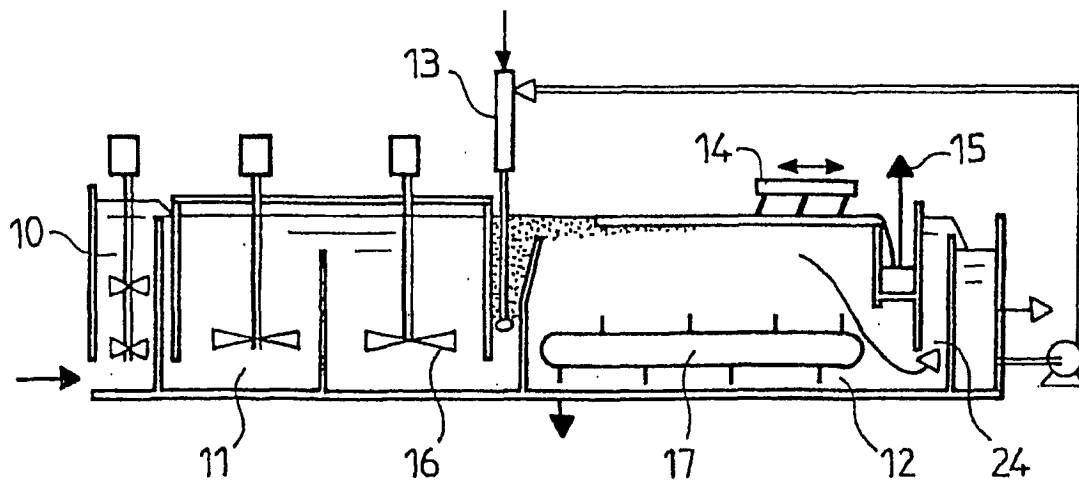


FIG.2

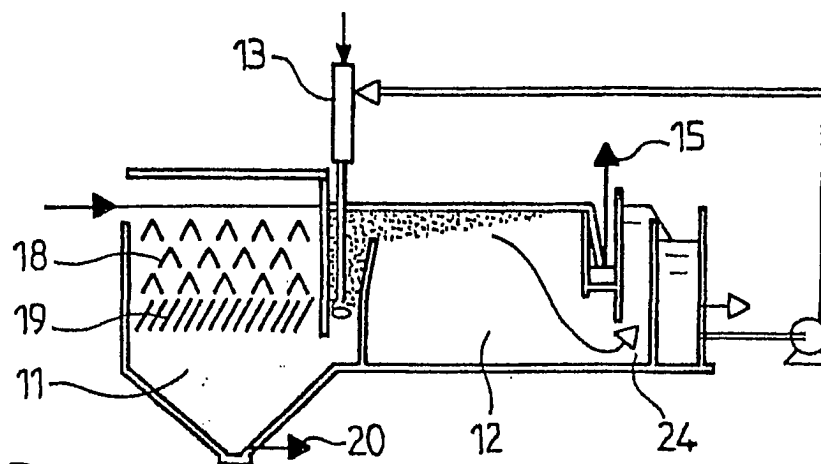


FIG. 3

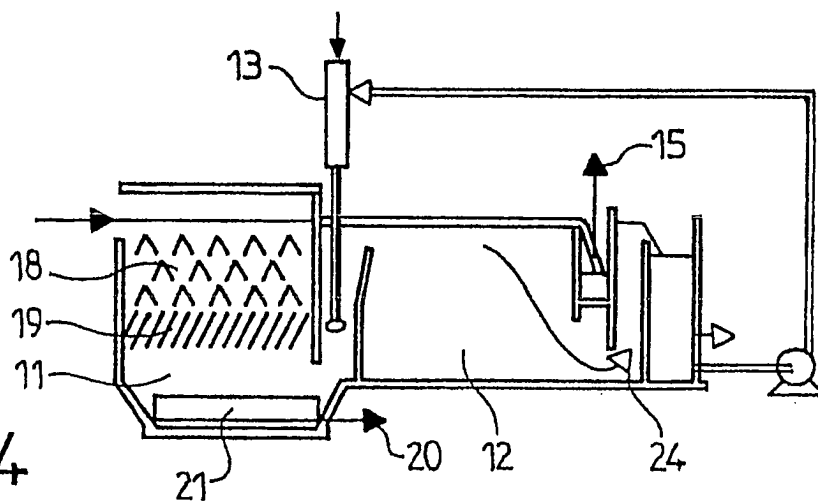


FIG. 4

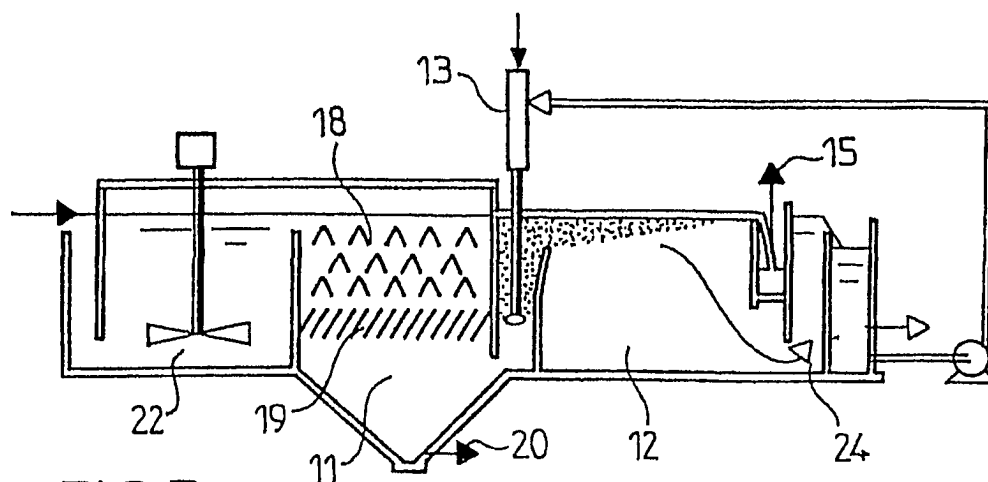


FIG. 5