



(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 350/98  
(22) Anmeldetag: 26.02.1998  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.2000  
(45) Ausgabetag: 25.06.2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01N 15/04**  
G01N 21/59

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 0674168A1 DE 3504894A1

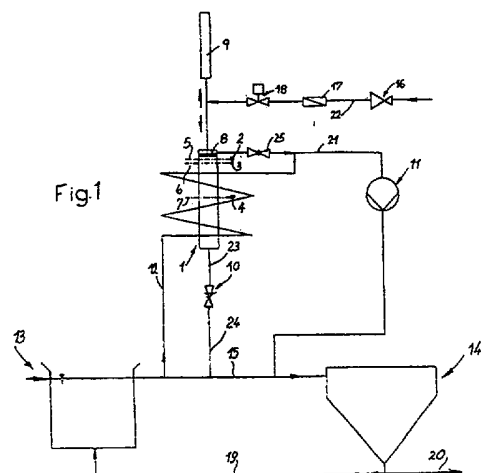
(73) Patentinhaber:  
STAUDINGER GERNOT DIPL.ING. DR.  
A-8042 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:  
STAUDINGER GERNOT DIPL.ING. DR.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
FUCHS ANDREAS DIPL.ING.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).

## (54) VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER ZEITLICHEN ENTWICKLUNG DER TRANSPARENZ EINES IN EINER KÜVETTE SEDIMENTIERENDEN KLÄRSCHLAMMES

AT 407 802 B

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der zeitlichen Entwicklung der Transparenz eines in einer Küvette sedimentierenden Klärschlammes, wobei mindestens eine Lichtschranke vorgesehen ist, mit einem Strahlenbündel, insbesondere paralleler Strahlen, das die Küvette quer zur Sedimentationsrichtung durchsetzt, und einem Sensor, auf den das Strahlenbündel nach Durchsetzen der Küvette auftrifft, wobei zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette die Höhe des Strahlenbündels in Sedimentationsrichtung im Bereich von 0,2 bis 1,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,3 und 0,5 mm liegt und dass die horizontale Breite des Strahles bevorzugt zwischen 2 bis 20 mm, insbesondere zwischen 3 bis 15 mm liegt, bei einem Küvettenquerschnitt, der bevorzugt 5 bis 100 cm<sup>2</sup>, insbesondere 5 - 50 cm<sup>2</sup>, beträgt, wobei die Füllhöhe der Küvette z.B. 10 bis 40 cm beträgt.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der zeitlichen Entwicklung der Transparenz eines in einer Küvette sedimentierenden Klärschlammes, wobei mindestens eine Lichtschranke vorgesehen ist, mit einem Strahlenbündel insbesondere paralleler Strahlen, das die Küvette quer zur Sedimentationsrichtung durchsetzt, und einem Sensor, auf den das Strahlenbündel nach Durchsetzen der Küvette auftrifft. Insbesondere dient die Vorrichtung zur Messung eines bisher in der Literatur nicht beschriebenen Phänomens, des weiter unten beschriebenen "Peaks".

In Belebteinlagen ist die Nachklärung zur Trennung des gereinigten Abwassers von der suspendierten Biomasse der für den Reinigungserfolg entscheidende Verfahrensschritt. Die Qualität der Abtrennung der Biomasse wird dabei von der Absetzgeschwindigkeit des sichtbaren Schlammspiegels, sowie von der Resttrübung des Klarwasserüberstandes bestimmt. Im Routinebetrieb von Klärwerken wird das Schlammvolumen als ein Maß für die Absetzgeschwindigkeit einmal pro Tag bestimmt. Die verbleibende Resttrübung im gereinigten Abwasser über dem Schlamm Spiegel wird allerdings nicht erfasst. Durch die Anwendung der Transmissionstrübungsmessung, ist sowohl die Messung der Absetzgeschwindigkeit als auch die Bestimmung des zeitlichen Verlaufes der Resttrübung in der Klarwasserzone über dem Schlamm Spiegel möglich.

Aus der AT-PS 393169 ist ein Messgerät zur Bestimmung der Korngrößenverteilung feiner Pulver bekannt, bei dem die Basis der Messung die Extinktion eines Lichtstrahles ist, der eine Glas-küvette durchdringt, in welcher sich eine Suspension des zu vermessenden Pulvers befindet. Durch die Verwendung von drei, in bestimmten Abständen entlang der Küvette angeordneten Lichtstrahlen, kann der Messvorgang abgekürzt werden. Ähnliche nach dem Sedimentationsprinzip mit Durchstrahlung arbeitende Messgeräte sind in der US-PS 1575726 und der PCT-Publikation/HU86/00035 beschrieben, wobei teilweise anstatt Licht auch  $\gamma$ - oder Röntgenstrahlen benutzt werden. Gemäß der DE-PS 3690262 und der DE-OS 3504894 wird eine größere Anzahl von Lichtstrahlen zur Messung eingesetzt.

Ein Sedimentometer mit vertikal bewegtem horizontalem Lichtstrahl ist aus der US-PS 1327044 und aus der US-PS 1264009 bekannt.

Aus der US-PS 3160745 ist eine Vorrichtung mit zwei übereinander angeordneten Strahlungsquellen zur Durchstrahlung eines Gefäßes bekannt. Quantifiziert wird hierbei die vertikale Ungleichverteilung der Dichte einer Suspension.

In der US-PS 4084426 ist ein Messgerät als Schaum-Messer über einer Flüssigkeit beschrieben, bei dem ebenfalls die Durchstrahlung einer mit dem zu vermessenden Medium gefüllten Küvette gemessen wird.

Zur quantitativen Vermessung der Sedimentation von Schlämmen sind ebenfalls bereits Geräte bekannt und teilweise auch schon auf dem Markt eingeführt:

Hiezu gehört das, Gerät "TURBISCAN MA 1000" der Fa. Formulaction in Frankreich, bei welchem die Veränderung einer Suspension mit der Zeit mittels eines vertikal bewegten Lichtschrankens gemessen wird, wobei sowohl Transparenz wie auch Streuung bestimmt werden. Aus der Art und Weise, wie die Transparenz sich über der Höhe der Küvette mit der Zeit verändert, kann auf Vorgänge wie Flockung, Koagulation oder Sedimentation geschlossen werden.

Nahezu ident im Prinzip und Aufbau sind Geräte der Firma "BTG" Anlagentechnik GmbH in Bochum und Staiger-Mohilo (Deutschland). Diese Geräte werden zur Messung des Absetzverhaltens von hauptsächlich biologischen Schlämmen eingesetzt. Der zu vermessende Schlamm befindet sich dabei in einer senkrechten Küvette, die über der Höhe, nach der Lage des Schlammspiegels, durch eine Kombination aus Lichtquelle und Sensor abgetastet wird. Das Messergebnis ist die Position des Schlammspiegels als Funktion der Zeit, woraus sich eine Schlammspiegelsinkgeschwindigkeit errechnen lässt. Nach 30 Minuten Messzeit kann das Schlammvolumen abgelesen werden. Zum Entleeren der Küvette nach erfolgter Messung wird der Schlamm durch einen Kolben nach oben ausgeschoben und anschließend der Messzylinder mit Messgut, also mit Schlamm, gespült. Die frische Probe fließt sodann von oben in die Küvette. Die Säuberung der Küvette ist bei dieser Vorgangsweise problematisch. Die Küvettenwand belegt sich nämlich mit der Zeit, sodass die abgeminderte Qualität der Durchsichtigkeit ebenfalls die Bestimmung des Peaks beeinträchtigt.

Ein weiteres "Settlo Meter" genanntes Gerät wird von Vanrollegem et al in "Water Science and Technology" (33 (1, 1996), Seiten 37-51) beschrieben. Auch hier befindet sich der Schlamm in einer vertikalen Küvette, neben der sich ein vertikaler Lichtstab befindet. Auf der anderen Seite der

Küvette wird ein lichtempfindlicher Sensor vertikal verfahren. Der Sensor erkennt die Lage des Schlammspiegels und folgt diesem auf dem Weg nach unten. Aus der Änderung der Position des Sensors kann die Sinkgeschwindigkeit des Schlammes ermittelt werden.

Die Methode der horizontalen Durchstrahlung einer Küvette, in der sich sedimentierender Schlamm befindet, ist also bekannt und wird in der Praxis angewendet.

Beobachtungen eines in einer Küvette sedimentierenden Klärschlammes zeigten, dass sich direkt oberhalb des Schlammspiegels eine wenige Millimeter hohe Zone größerer Transparenz ausbildet als diese sich in dem darüberstehenden "Klarwasser" ausbildet.

Die Größe des so entstehenden "Peaks" im zeitlichen Verlauf der Transparenz an einem Durchstrahlungsort hängt mit der Trennbarkeit von Wasser und Feststoffen zusammen. Es wurde nämlich auch beobachtet, dass Schlämme, welche einen ausgeprägten "Peak" aufweisen, in der Regel ein saubereres Klarwasser produzieren als solche ohne "Peak". Der "Peak" korreliert mit der aus dem Sedimentationsvorgang resultierenden Transparenz des Klarwassers. Der "Peak" ist ein Maß für die Tendenz der Lebewesen im Schlamm ein Netzwerk aufzubauen, welches durchströmendes Wasser filtriert.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs erwähnten Art so zu gestalten, dass der "Peak" hinsichtlich seiner zeitlichen Lage und Größe verfolgt und bestimmt werden kann, was durch die Messung der Entwicklung der Transparenz des Klarwassers in Abhängigkeit von der Zeit auch möglich ist.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette die Höhe des Strahlenbündels in Sedimentationsrichtung im Bereich von 0,2 bis 1,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,3 und 0,5 mm liegt und dass die horizontale Breite des Strahles bevorzugt zwischen 2 bis 20 mm, insbesondere zwischen 3 bis 15 mm liegt bei einem Küvettenquerschnitt, der bevorzugt 5 bis 100 cm<sup>2</sup>, insbesondere 5 - 50 cm<sup>2</sup>, beträgt, wobei die Füllhöhe der Küvette z.B. 10 bis 40 cm beträgt. Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht es, die Veränderungen der Transparenz mit der Zeit am Ort des Strahlenbündels zu erfassen. Die Auflösung ist dabei umso besser je geringer die Höhe des Strahlenbündels in Sedimentationsrichtung ist. Für die repräsentative Erfassung des Zustandes einer Suspension mit den sich darin bewegendenden Partikeln eignen sich bevorzugt Messvolumen (vom Strahlenbündel durchsetztes Volumen), wie sie sich aus den vorstehend angegebenen Werten für die Höhe des Strahlenbündels, der bevorzugten Breite des Strahlenbündels und der sich aus der Querschnittsform und der Querschnittsgröße ergebenden Länge des Bereiches, der vom Strahlenbündel durchsetzt wird, errechnet. Es können parallelwandige, bevorzugt rechteckige Küvetten, jedoch auch Küvetten mit Kreisquerschnitt verwendet werden. Die Küvette muss aus transparentem Material bestehen.

Strahlenbündel paralleler Strahlen können gemäß dem Stand der Technik erzeugt werden, z.B. mittels Parabolspiegel. Der Strahlquerschnitt kann durch Einschaltung von Blenden in den Strahlengang erzeugt werden.

Der Küvettenquerschnitt ist für Randeinflüsse verantwortlich und sollte ein gewisses Mindestmaß daher nicht unterschreiten. Die Obergrenze ist im Regelfall durch den Raumbedarf begrenzt, ebenso die Küvettenhöhe.

In Weiterbildung der Erfindung ist es zweckmäßig, in einer Vorrichtung mit mehreren feststehenden, über die Höhe der Küvette verteilt angeordneten Sensoren, zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette und der zeitlichen sowie örtlichen Änderung dieses Peaks drei bis zehn Sensoren, denen bevorzugt je ein Strahlenbündel zugeordnet ist, vorzusehen. Bei Anordnung von drei Sensoren in unterschiedlichen Tiefen der Küvette ergibt die Messung drei Helligkeits/Zeit Kurven entsprechend den drei Messtiefen. Die spezifische Helligkeit des Klarwasserüberstandes als Maß für die Trübung des Klarwassers erhält man, indem die am Sensor empfangene Lichtintensität auf die an einer Reinwasserprobe gemessene Referenzintensität bezogen wird. Die Durchgangszeit des Schlammspiegels am Sensor gibt, kombiniert mit der Tiefe des Sensors, ein Maß für die Absetzgeschwindigkeit des Belebtschlammes. Orientierende Einzelmessungen haben ergeben, dass verschiedene Belebtschlämme großtechnischer Anlagen sehr unterschiedliche Messergebniskurven liefern. Der Verlauf der Messkurve kann, entsprechend der Lage des Schlammspiegels zur Sensortiefe, in drei Teile gegliedert werden: Im ersten Teil befindet sich der Schlamm Spiegel über dem Sensorniveau, wobei

am Sensor kein Licht empfangen wird, da die suspendierte Biomasse das von der Lichtquelle in die Küvette eindringende Licht absorbiert, streut oder reflektiert. Der zweite Teil der Kurve besteht in einer charakteristischen starken Helligkeitszunahme (Peakbereich), unmittelbar verursacht durch den Schlammspiegeldurchgang am Sensor. Der dritte Teil der Kurve besteht im allgemeinen in einer mäßigen Helligkeitszunahme bis zum Messende. Bei Schlämmen, die einen Peak aufweisen, ist diese Helligkeitszunahme alleine in der Verdünnung durch das aus dem Schlamm-pulk austretende Wasser begründet. Die Klarheit dieses aus dem Pulk austretenden Wassers läßt sich über die Höhe des Peaks erfassen. Das bedeutet, dass der Peak verantwortlich für die Reinigungsleistung der Sedimentation ist.

Aus den Kurvenverläufen können typische Merkmale (Durchgangszeit des Schlammspiegels am Sensor, Resttrübung am Ende der Messzeit, charakteristische plötzliche Helligkeitszunahme am Spiegeldurchgang, Verhalten der Merkmale der drei Messkurven zueinander, etc.) definiert und in ihrer Ausprägung erfasst werden. Durch die spezielle erfindungsgemäße Ausgestaltung wird der Peak an mehreren Tiefen, i.e. zu verschiedenen Zeiten gemessen, was für die Klärschlammbeurteilung notwendig ist, weil der Peak nicht immer schon beim obersten Sensor sichtbar wird, man für die Vorausabschätzung der zeitlichen Entwicklung der Transparenz jedoch die Transparenz unmittelbar nach dem Peak, die Höhe des Peaks und die Absetzgeschwindigkeit des Schlammspiegels benötigt, wobei die Absetzgeschwindigkeit aus den Zeiten ermittelt wird, die der Schlamm Spiegel zum Sedimentieren von einem Sensor zum nächsten benötigt.

Um mit der erfindungsgemäß ausgestalteten Vorrichtung die zeitliche Entwicklung der Transparenz zu messen, wofür - wie bereits vorstehend erwähnt - der Peak an mehreren Orten (d.h. zu mehreren Zeiten) gemessen werden muss, kann zweckmäßig auch ein Verfahren angewendet werden, bei dem in besonderer Ausgestaltung der Erfindung zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Lauf der Sedimentation in der Küvette die Lichtschranke während eines Messzyklus vorzugsweise mehrmals die Küvette bis zum Erreichen des Schlammspiegels entlang bewegt und in den aufeinanderfolgenden Lagen der Lichtschranke sich am Sensor der Lichtschranke einstellende Signale aufgezeichnet werden oder das Lichtstrahlenbündel an mehreren über die Höhe der Küvette verteilt angeordneten Sensoren vorbeibewegt wird und die sich an jedem Sensor einstellenden Signale aufgezeichnet werden. Voraussetzung für eine befriedigende Erkennung des Peak ist allerdings eine sehr genaue, horizontale Führung des Lichtstrahlenbündels gemeinsam mit dem Sensor, da ansonsten die dünne Zone größerer Transparenz direkt über dem Schlamm Spiegel nicht richtig erkannt wird.

Um bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren eine zuverlässige, genaue und reproduzierbare Messung des Peak zu erreichen, ist es unabdingbar, dass die Küvette im Bereich der Lichtschranken sauber ist und bleibt. Zur Sicherstellung dieses Zustandes schlägt die Erfindung vor, dass vor jedem Messzyklus die Innenwand der Küvette durch Anstrahlen mit einem Reinigungsmedium, insbesondere Wasser, gereinigt wird und dass das Reinigungsmedium aus Düsen eines vertikal über den von den Lichtschranken durchstrahlten Bereich bewegten Spülkopf gegen die Küvettenwand gerichtet wird und das Reinigungsmedium am unteren Ende der Küvette abgezogen wird. Dadurch gelingt es, die Küvette derart zu reinigen, dass beim Befüllen des Gefäßes mit klarem Wasser dieses Wasser nicht mit partikulären Stoffen verunreinigt wird. Nur so ist es möglich, einen Referenzwert zu messen, und dadurch überhaupt Zonen größerer und geringerer Transparenz unterscheiden zu können. Nur durch Spülen der Küvette mit einer Reinigungsflüssigkeit (vorzugsweise sauberes Wasser) zum Zwecke der Reinigung der Küvette und Ablassen des Schlammes und der Reinigungsflüssigkeit nach unten, ergibt sich ein partikelfreier Inhalt der Küvette zur Bestimmung des 0-Wertes.

Die aufwendige Reinigung ist darüberhinaus unbedingt notwendig, um ein längeres Betreiben der Messapparatur ohne Wartung durchführen zu können.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen werden, den Schlamm durch Einsaugen in die Küvette zu verbringen. Durch diese Verfahrensführung, die auch anwendbar ist, wenn nur eine einzige feststehende Lichtschranke in der Vorrichtung vorhanden ist, wird sichergestellt, dass die Strukturen des Klärschlammes durch die Manipulation des Schlammes beim Befüllen der Küvette nicht zerstört werden, sodass der Peak, der die Tendenz der Mikroorganismen eines Klärschlammes, größere Aggregate mit unterschiedlichen Strukturen zu bilden, in seiner Form und Höhe reflektiert, die wahren Verhältnisse möglichst genau wiedergibt. Die Eigen-

schaft der Schlammflocken, sich zu einem Verband zu verbinden, muss also in dem Zustand, den sie vor der Probenahme hatten, erhalten bleiben. Würde man den Schlamm pumpen, dann würde dadurch die zu messende Eigenschaft durch Zerstörung der Schlammflocken verändert. Aufsaugen durch Unterdruck ist erfahrungsgemäß die schonendste Handhabung der Flocken. Die Ansaugleitungen sollen möglichst kurz, glatt und gerade sein. Das Ansaugen kann durch Schlauch- oder Vakuumpumpen bewerkstelligt werden.

Für die Erfindung sind drei Fakten von Bedeutung:

1.) Das schmale Strahlenbündel, um die schmale Schicht höherer Transparenz überhaupt messen zu können,

2.) die Druckwasserspülung, die die unbedingt notwendige Reinigung der Küvette vornimmt, und

3.) der Spülwasserablauf nach unten.

Diese Maßnahmen erlauben es, den Referenzwert zu finden, um Zonen niedrigerer und höherer Transparenz unterscheiden zu können.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Anlage zur Behandlung von Klärschlamm, die jedoch nur zum Teil dargestellt ist, Fig. 2 die Darstellung des Verlaufes der Transparenz über die Höhe der Schlammschicht in einer Küvette, bei Durchgang des Schlammspiegels durch die Messebene des betreffenden Sensors, Fig. 3 in einer Darstellung entsprechend Fig. 2 den Verlauf der Transparenz über die Höhe der Küvette, wobei die Messung an zwei unterschiedlichen Niveaulagen des Schlammspiegels erfolgte, Fig. 4 schematisch eine im Querschnitt rechteckige Küvette mit einem sie durchsetzenden Bündel paralleler Lichtstrahlen, und Fig. 5 in einem Längsschnitt die Küvette mit Spülkopf.

In Fig. 1 der Zeichnung ist von der Behandlungsanlage für Klärschlamm lediglich das Belebungsbecken 13 und das Nachklärbecken 14 dargestellt. Die Becken 13 und 14 sind über eine Leitung 15 miteinander verbunden, wobei in den Boden eines jeden der Becken 13, 14 eine Rücklaufleitung 19 mündet, über welche Rücklaufschlamm vom Nachklärbecken 14 dem Belebungsbecken 13 wieder zugeführt werden kann. Zur Abfuhr von Überschussschlamm steht eine Leitung 20 zur Verfügung, die ebenfalls vom Boden des Nachklärbeckens 14 ausgeht. Die Küvette, die zur Beobachtung einer aus der Leitung 15 entnommenen Schlammprobe über eine bestimmte Messzeit dient, ist in der Zeichnung mit 1 bezeichnet. Die Küvette 1 besteht aus transparentem Material.

Um die Küvette 1 auf konstanter Temperatur zu halten, ist eine Heizleitung 12 vorgesehen, welche die Küvette wendelförmig umschließt. Die Thermostatleitung 12 geht dabei von der Verbindungsleitung 15 der beiden Becken 13, 14 ab und mündet in eine Rückführleitung 21, die zur Verbindungsleitung 15 zwischen den beiden Becken 13 und 14 zurückführt und in welche eine insbesondere als Schlauchpumpe ausgebildete Saugpumpe 11 eingebaut ist.

Gemäß Fig. 1 sind drei Lichtschranken über die Höhe der Küvette 1 verteilt angeordnet. Die Strahlenbündel der drei Lichtschranken sind mit 5, 6 und 7 bezeichnet, und die jedem Strahlenbündel 5, 6 und 7 zugeordneten Sensoren, auf welche die Strahlenbündel treffen, nachdem sie die Küvette durchsetzt haben, sind mit 2, 3 und 4 bezeichnet. In die Küvette ist ein Spülkopf 8 eingeschoben, der mittels eines Linearmotors 9 in der Küvette auf- und abbewegt werden kann. Dem Spülkopf 8 kann über eine Frischwasserleitung 22 klares Wasser zugeführt werden.

In die Frischwasserleitung 22 ist ein Druckreduzierventil 16, eine Filtereinheit 17 und ein Magnetventil 18 zum Öffnen und Schließen der Frischwasserleitung 22 eingebaut. In den Boden der Küvette 1 mündet eine Leitung 23, die an einen Hahn 10 angeschlossen ist. In einen Anschluß des Hahns 10 mündet eine Leitung 24, deren Ende an die Verbindungsleitung 15 zwischen den Becken 13 und 14 angeschlossen ist, sodass über diese Leitung bei entsprechender Stellung des Hahns 10 der Küvetteninhalt (Klärschlamm) der Leitung 15 zugeführt werden kann bzw. Klärschlamm auch der Leitung 15 entnommen und über den Boden der Küvette 1 mittels der Saugpumpe 11 und einen in die Rückführleitung 21 eingebauten Hahn in die Küvette 1 eingesaugt werden kann. Der Hahn ist in der Zeichnung mit 25 bezeichnet.

Um die Entwicklung der Transparenz eines in der Küvette 1 sedimentierenden Klärschlammes über eine bestimmte Zeit zu messen, wird zunächst nach einem abgeschlossenen Messvorgang die Küvette 1 nach unten über den Hahn 10 und die Leitungen 23 und 24 in die Verbindungsleitung 15 zwischen dem Belebungsbecken 13 und dem Nachklärbecken 14 entleert und gelangt über die

Verbindungsleitung 15 in das Nachklärbecken 14. Nachdem die Küvette 1 in der oben beschriebenen Weise von Klärschlamm befreit wurde, wird der Spülkopf 8 mittels des Linearantriebes 9 nach unten bewegt, wobei über die Leitung 22 dem Spülkopf 8 Reinigungsmittel, z.B. klares Wasser, zugeführt wird. Solcherart wird die Wand der Küvette 1 zumindest im Bereich des bzw. der Lichtschranken 5, 6, 7 gereinigt.

In Fig. 5 ist der Spülkopf 8 im Detail dargestellt. In die hohl ausgebildete Kolbenstange 27 mündet die Leitung 22 für die Spülwasserzufuhr. Das Spülwasser wird dann über Düsen 28, die sich in der Seitenwand des Spülkopfes 8 befinden, der Innenwand der Küvette 1 zugeführt, wo etwaige Schlammpartikel durch die Strahlen, die aus den Düsen 28 austreten, abgewaschen werden. Die Düsen 28 können auch als Schlitzdüsen ausgebildet werden, die sich in peripherer Richtung um den Umfang des Spülkopfes erstrecken.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Seitenwand des Spülkopfes abgeschrägt und sind die Düsen 28 im abgeschrägten Teil des Spülkopfes angeordnet. Der Vordruck für die Reinigung der Küvettenwand liegt bevorzugt zwischen 1 bis 6 bar am Austritt aus den Düsen 28.

Während der Reinigung der Küvette 1 gibt der Hahn 10 die Leitung 24 frei, sodass das Spülwasser kontinuierlich abströmen kann. Nachdem der Reinigungsvorgang beendet ist, wird der Hahn geschlossen und sauberes Wasser in die Küvette 1 über die Leitung 22 und die Düsen 28 eingelassen. An den Sensoren 2, 3 und 4 bzw. für den Fall, dass nur ein Sensor vorhanden ist, an diesem, kann dann ein Wert der Transparenz festgestellt werden, der als Nullwert bezeichnet wird und welcher die optischen Eigenschaften des Systems sowie auch eine eventuell nach dem Waschvorgang noch verbliebene Restverschmutzung der Küvette 1 berücksichtigt.

Nach der Feststellung des Nullwertes oder der Nullwerte wird das in der Küvette enthaltene Wasser über die Leitung 24 abgeführt. Der Hahn 10 wird hierauf umgestellt und über die Saugpumpe 11, die Leitung 21 und den Hahn 25 Klärschlamm aus der Leitung 15 über die Leitung 24 von unten in die Küvette 1 eingesaugt. Durch das Einsaugen wird unterschiedlich zum Pumpen sichergestellt, dass die fragilen Flocken des Schlammes nicht zerstört werden. Nach dem Einsaugen des Schlammes wird der Hahn 10 geschlossen und der Spülkopf 8 auf eine genau definierte, vorgegebene Höhe oberhalb des höchsten Lichtschranken, dem der Sensor 2 zugeordnet ist, positioniert, die Intensität des auf den Sensor 2 bzw. auf die Sensoren 2, 3 und 4 auftreffenden Lichtes, das die Küvette 1 und den darin enthaltenen Klärschlamm durchsetzt hat, gemessen und registriert. Am Ende der Messzeit (10 - 240 min) wird der Hahn 10 geöffnet und der Küvetteninhalt über die Leitung 24 der Verbindungsleitung 15 zwischen Belebungsbecken 13 und Nachklärbecken 14 wieder zugeführt.

Nun kann ein neuer Zyklus mit der Reinigung der Küvette 1, so wie dies bereits beschrieben wurde, wieder beginnen.

Aus den Messwerten der Sensoren 2, 3 und 4 wird durch Bildung des Quotienten

$$\frac{\text{Messwert}}{\text{Nullwert}} = RT$$

die relative Transparenz RT ermittelt. Diese relative Transparenz ist dabei von einer eventuell vorhandenen Restverschmutzung der Küvettenwandung unabhängig.

Wie bereits eingangs erwähnt, zeigten Beobachtungen des in der Küvette 1 sedimentierenden Klärschlammes eine wenige mm hohe Zone größerer Transparenz im Vergleich zur Transparenz in dem darüberstehenden "Klarwasser". Diese Zone bildet sich direkt oberhalb des Schlammspiegels aus.

Fig. 2 zeigt nun die relative Transparenz RT in Abhängigkeit der Küvettenhöhe zum Zeitpunkt  $t_1$ , wobei auch die Verhältnisse in der Küvette 1 dargestellt sind. Die Küvette wurde zum Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Niveau N mit Belebtschlamm aus der Leitung 15 (Fig. 1) gefüllt. Nach einer bestimmten Zeitspanne  $t_1$  hat sich der Schlamm Spiegel SP im Abstand  $a_1$  unter dem Füllniveau N eingestellt. Zwischen dem Schlamm Spiegel SP und dem Füllniveau N befindet sich Klarwasser W, und zwischen dem Schlamm Spiegel SP und dem Boden der Küvette befindet sich Schlamm S.

Aus Fig. 2 ist die Zone erhöhter Transparenz unmittelbar über dem Schlamm Spiegel zu erkennen. Gemäß Fig. 2 befindet sich der Sensor, z.B. 2, im Abstand  $a_1$  vom Füllniveau, und der Schlamm Spiegel erreicht zur Zeit  $t_1$  den Sensor.

Nun ändert die transparente Zone im Verlauf des Absinkens des Schlamm Spiegels SP sowohl

ihre Höhe als auch ihre Form, wie dies Fig. 3 erkennen lässt. Das Füllniveau ist wieder mit N bezeichnet. Zur Zeit  $t_1$  befindet sich der Schlamm Spiegel SP im Abstand  $a_1$  vom Füllniveau N. Zur Zeit  $t_2$  hat der Schlamm Spiegel SP den Abstand  $a_2$  vom Füllniveau N erreicht. Die transparente Zone, die sich ja direkt über dem Schlamm Spiegel befindet, geht mit diesem im Laufe der Zeit nach unten. Dabei ändert sich die Transparenz dieser Zone. Diese Änderung ist durch das Maß "X" (Fig. 3) messbar.

Für repräsentative Erfassung des Zustandes einer Suspension, in der sich einzelne Partikel bewegen, ist die Mittelwertbildung über ein gewisses Volumen (Messvolumen) vorzunehmen. Damit muss das Strahlenbündel nicht nur eine gewisse Höhe  $h$ , sondern auch eine gewisse Mindestbreite aufweisen. Die wirksame Länge des Strahles ist durch die Weite  $D$  der Küvette gegeben, wie dies Fig. 4 erkennen lässt, in der die Küvette wieder mit 1 bezeichnet ist und rechteckigen Querschnitt besitzt. Die Querschnittsabmessungen sind mit  $L$  und  $D$  bezeichnet, das Messvolumen  $V$  ist in Fig. 4 schraffiert. Es ergibt sich aus der Höhe  $h$  des Strahlenbündels, der Weite  $D$  der Küvette und der Breite  $b$  des Strahlenbündels das Messvolumen  $V$  zu  $V = D \cdot b \cdot h$ .

### PATENTANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung zur Messung der zeitlichen Entwicklung der Transparenz eines in einer Küvette sedimentierenden Klärschlammes, wobei mindestens eine Lichtschranke vorgesehen ist, mit einem Strahlenbündel, insbesondere paralleler Strahlen, das die Küvette quer zur Sedimentationsrichtung durchsetzt, und einem Sensor, auf den das Strahlenbündel nach Durchsetzen der Küvette auftrifft, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette die Höhe des Strahlenbündels in Sedimentationsrichtung im Bereich von 0,2 bis 1,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,3 und 0,5 mm liegt und dass die horizontale Breite des Strahles bevorzugt zwischen 2 bis 20 mm, insbesondere zwischen 3 bis 15 mm liegt, bei einem Küvettenquerschnitt, der bevorzugt 5 bis 100 cm<sup>2</sup>, insbesondere 5 - 50 cm<sup>2</sup>, beträgt, wobei die Füllhöhe der Küvette z.B. 10 bis 40 cm beträgt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit mehreren feststehenden, über die Höhe der Küvette verteilt angeordneten Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette und der zeitlichen sowie örtlichen Änderung dieses Peaks drei bis zehn Sensoren, denen bevorzugt je ein Strahlenbündel zugeordnet ist, vorgesehen sind.
3. Verfahren zur Messung der zeitlichen Entwicklung der Transparenz unter Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung eines Peaks (abrupte Zu- und Abnahme der Transparenz) im zeitlichen Verlauf der Sedimentation in der Küvette die Lichtschranke während eines Messzyklus, vorzugsweise mehrmals die Küvette mindestens bis zum Erreichen des Schlamm Spiegels entlang bewegt und in den aufeinanderfolgenden Lagen der Lichtschranke die sich am Sensor der Lichtschranke einstellenden Signale aufgezeichnet werden oder das Lichtstrahlenbündel an mehreren über die Höhe der Küvette verteilt angeordneten Sensoren vorbeibewegt wird und die sich an jedem Sensor einstellenden Signale aufgezeichnet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass vor jedem Messzyklus die Innenwand der Küvette durch Anstrahlen mit einem Reinigungsmedium, insbesondere Wasser, gereinigt wird und dass das Reinigungsmedium aus Düsen eines vertikal über den von den Lichtschranken durchstrahlten Bereich bewegten Spülkopf gegen die Küvettenwand gerichtet wird und das Reinigungsmedium am unteren Ende der Küvette abgezogen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlamm in die Küvette eingesaugt wird.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

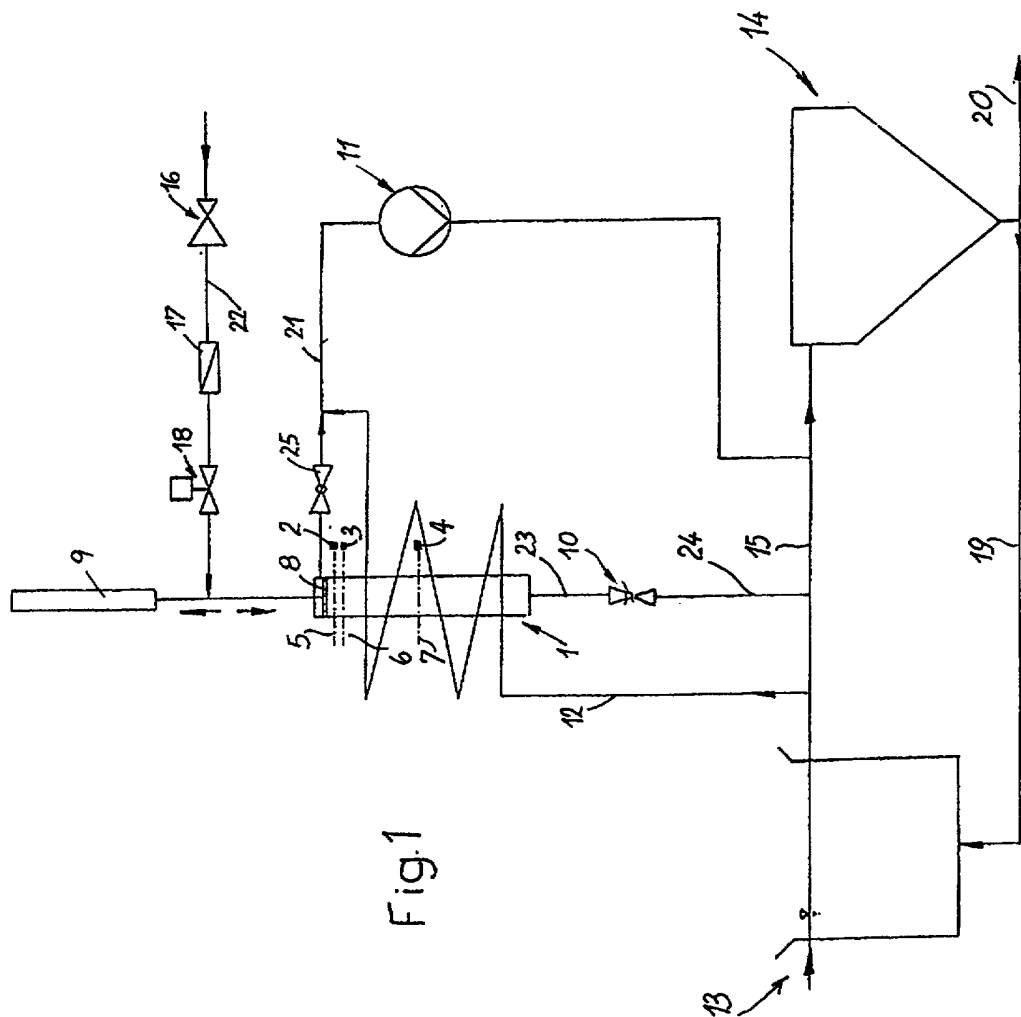


Fig.1



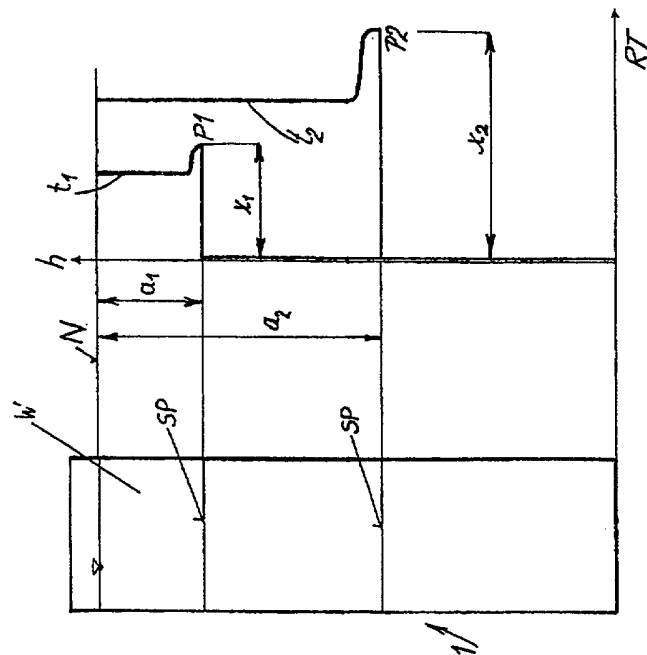


Fig. 3

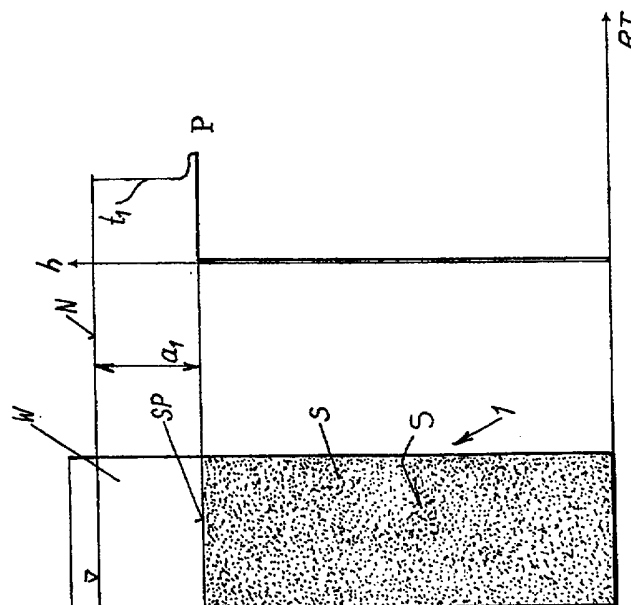


Fig. 2

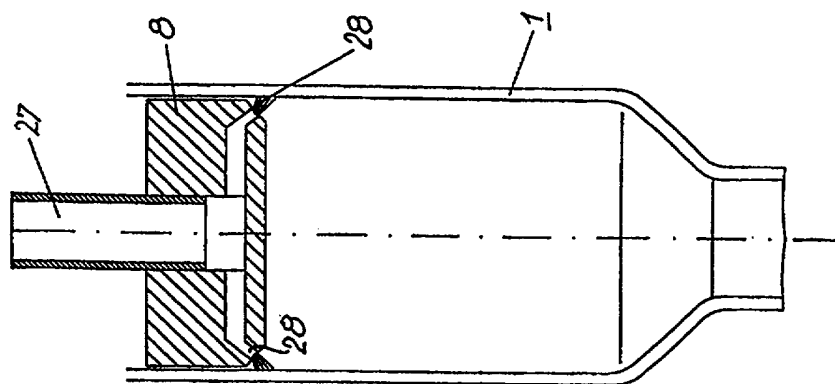


Fig. 5

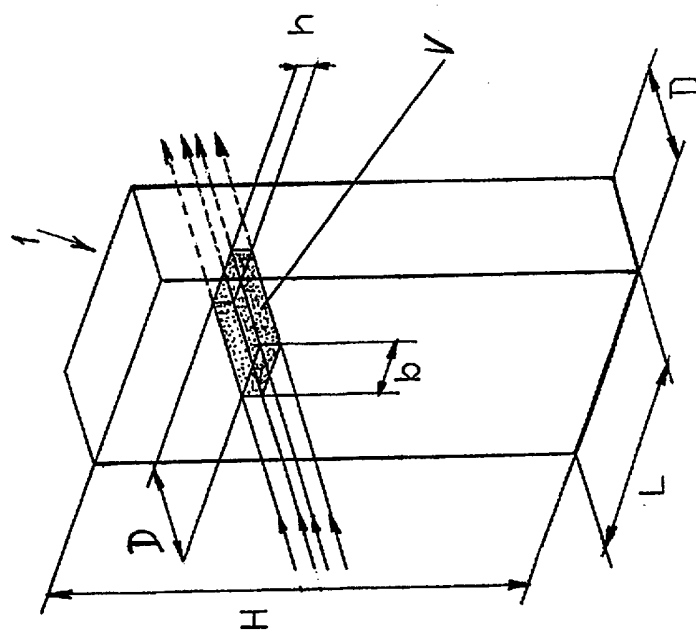


Fig. 4