



Doctoral Thesis

Leistungssteigerung von Nachklärbecken mit Hilfe von Einbauten Strömungs- und Absetzmessungen an einer halbtechnischen Versuchsanlage

Author(s):

Baumer, Patrick

Publication Date:

1996

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001625819> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 11691

**LEISTUNGSSTEIGERUNG
VON NACHKLÄRBECKEN
MIT HILFE VON EINBAUTEN**

**Strömungs- und Absetzmessungen
an einer halbtechnischen Versuchsanlage**

Abhandlung zur Erlangung des Titels

Doktor der Technischen Wissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von:

Patrick Baumer
Dipl. Bauing. ETH
geboren am 9. März 1964
von Quarten-Mols/SG

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Dr. h. c. D. Vischer, Referent
Prof. Dr. W. Gujer, Korreferent
Dr. P. Volkart, Korreferent

1996

ZUSAMMENFASSUNG

Nachklärbecken von Belebungsanlagen spielen infolge ihrer Lage am Ende des Verfahrensablaufes für den gesamten Wirkungsgrad einer Kläranlage eine besonders wichtige Rolle. Im Gegensatz zu anderen Absetzbecken werden sie von Dichteströmungen dominiert, die durch die Dichtedifferenz zwischen dem Schlamm-Wassergemisch im Zulauf und dem relativ sauberen Beckenwasser induziert werden. Dadurch werden an sich unerwünschte hohe Strömungsgeschwindigkeiten an der Beckensohle und eine Rückwärtsbewegung in der oberen Beckenhälfte erzeugt. Diese Strömungsverhältnisse sind massgeblich dafür verantwortlich, dass die Verweilzeitverteilung ungünstig ist und insbesondere bei hydraulisch stärkeren Belastungen (Regenwetter) zuviel Belebtschlamm in den Vorfluter gelangen kann.

Die Dimensionierung von Nachklärbecken wird den erwähnten Strömungsverhältnissen nur insofern gerecht, als in den Richtlinien für die Beckentiefen immer höhere Werte empfohlen werden. Wie aber können die vielen vorhandenen Nachklärbecken, deren Tiefe nach den heutigen Normen zu geringe Werte aufweisen, verbessert werden, damit auch sie den erhöhten Anforderungen genügen?

Die vorliegende Arbeit zeigt eine Möglichkeit, wie die Strömungs- und Absetzverhältnisse von Nachklärbecken mit Hilfe von Einbauten im Beckeninnern verbessert werden können. Zu diesem Zweck wurde auf der Kläranlage Werdhölzli der Stadt Zürich eine Versuchsanlage im halbertechnischen Massstab erstellt, die mit echtem Belebtschlamm betrieben werden kann. Das 1 m breite Versuchs-Nachklärbecken besitzt eine Länge von 15 m und eine maximale Wassertiefe von 3 m; als Schlammräumsystem wurde ein Bandräumer gewählt. Die sich im Beckeninnern abspielenden Prozesse können durch seitlich angeordnete Glasscheiben beobachtet werden.

Die Versuche mit stationären Zuflussverhältnissen haben gezeigt, dass Lochwände eine stark bremsende Wirkung auf die Strömung in Nachklärbecken haben und insbesondere vor den Einbauten für einen Ausgleich der horizontalen Fliessgeschwindigkeiten sorgen und die Flockung anregen. Die dadurch verbesserten Verweilzeitverteilungen in den einzelnen

Beckenkammern führen zu einer verbesserten Absetzeffizienz und schliesslich zu einem stark reduzierten Schwebstoffgehalt im Beckenablauf. Mit dynamischen Versuchen wurden Vorgänge simuliert, die sich bei einsetzenden Regenwetterzuflüssen abspielen. Das Konzept der Lochwände hat sich auch unter diesen Belastungen bewährt. Bei den Becken mit Einbauten konnte die Schwebstoffkonzentration im Ablauf mehr oder weniger auf demselben Niveau wie bei Trockenwetterzuflüssen gehalten werden, während beim konventionellen Becken ein massiver Anstieg zu verzeichnen war. Das Nachklärbecken mit Einbauten weist gegenüber demjenigen ohne Lochwände einen völlig veränderten Schlammhaushalt auf, dem nur mit einer geregelten Rücklaufschlammförderung begegnet werden kann.

Dauermessungen der Fliessgeschwindigkeiten haben gezeigt, dass die Frequenz der Räumebalkenbewegung im unteren Beckenteil direkt in den Schwankungen der Fliessgeschwindigkeit messbar ist. Der Absetz- und Eindickvorgang wird durch diesen Energieeintrag beeinflusst und zum Teil auch stark beeinträchtigt. Die Schwankung der Schlammspiegellage ist eine messbare Grösse für diese Störung, die direkt proportional zum Energieeintrag durch den Räumler ist.

ABSTRACT

Final settling tanks play a very important role in determining the overall efficiency of an activated sludge wastewater treatment plant. Unlike other settling tanks they are dominated by density currents induced by the density difference between the influent and the relatively clean water within the tank. A strong bottom current accompanied by reverse flow in the upper part of the tank results. These adverse hydraulic conditions are responsible for unfavorable residence time distributions, and poor efficiencies of final settling tanks, particularly under wet weather flow conditions.

In recognition of this fact, current dimensioning guidelines continually prescribe greater basin depths. The question arises however, as to how existing, insufficiently deep settling tanks can be modified to improve their efficiency?

This study deals with a method of enhancing the hydraulic and settling conditions in final settling tanks by retrofitting existing tanks with perforated walls. Experimental investigations were conducted in a pilot plant which was constructed at Zurich's wastewater treatment plant, thereby allowing operation with real sludge. The 1 m wide pilot settler has a length of 15 m and a maximum water depth of 3 m. The thickened sludge is transported to the sludge hopper at the inlet by a scraper mechanism and all the processes in the tank can be observed through the glass side walls.

Tests under steady state conditions showed that perforated walls have a strong retarding effect on the velocities within final settling tanks and thereby enhance flocculation. The residence time distributions in the individual chambers are improved resulting in a better settling efficiency of the basin as a whole. By means of dynamic loading tests wet weather conditions were simulated. These tests confirmed the concept of perforated walls which also functions under such loading conditions. The total suspended solid concentrations in the effluent of the modified tank could be maintained at the same low level for both dry weather and wet weather conditions. In comparison, tests with conventional tank arrangements showed poor effluent quality for wet weather flow loading conditions. In-tank baffles create a completely different sludge regime when compared to that of conventional basins. A greater amount of sludge is stored in the tank which necessitates the installation of a controlled collection mechanism.

Measurements over lengthy time periods showed that the frequency of the scraper movement is directly measurable by fluctuations of the velocity in the lower region of the tank. Settling as well as thickening are strongly affected by the energy impulses of the scraper. The fluctuation of the sludge height is thereby a measurable value directly influenced by the energy input of the scraper.

RESUME

Les bassins de décantation secondaire, de par leur action en fin du processus de traitement des eaux usées, ont une influence particulièrement importante sur le rendement global d'une station d'épuration. Contraire-

ment à d'autres bassins de décantation, ils sont caractérisés par la présence de courants de densité dus à la différence de densité existant entre le mélange "eau-boues" dans l'ouvrage d'entrée et l'eau relativement propre du bassin à l'aval. Des vitesses d'écoulement élevées, non souhaitées, sont ainsi engendrées sur le fond du bassin tandis qu'un courant de retour vers l'amont s'établit en surface. Ce phénomène est responsable du fait que la répartition des temps de transit est défavorable et qu'ainsi trop de boues parviennent à l'exutoire lorsque la sollicitation hydraulique de l'ouvrage est élevée (cas de fortes pluies).

Le dimensionnement usuel des bassins de décantation secondaire n'est compatible avec les conditions d'écoulement sus-décrites que dans la mesure où les recommandations concernant la profondeur des bassins proposent le choix de valeurs de plus en plus élevées. Mais de nombreux bassins de décantation existants ont une profondeur trop faible selon les normes actuelles. Comment est-il possible d'en améliorer le fonctionnement afin qu'ils satisfassent aussi aux nouvelles exigences?

Le présent travail montre une possibilité d'obtenir de meilleures conditions d'écoulement et de déposition dans un bassin de décantation, par la mise en place de parois perforées à l'intérieur du bassin lui-même. L'étude a été réalisée sur une installation d'essai aménagée à la station d'épuration Werdhölzli de la ville de Zurich. Les essais ont été entrepris avec les mêmes boues que celles utilisées dans la station. Le bassin-test possède une largeur de 1 m, une longueur de 15 m et une profondeur d'eau maximale de 3 m. Les boues déposées sont évacuées à l'aide d'un ruban transporteur. Des parois latérales en verre permettent d'observer le déroulement des processus dans le bassin.

Les essais entrepris avec un écoulement d'entrée stationnaire ont montré que les parois perforées provoquent un fort ralentissement des filets liquides dans le bassin. Particulièrement à leur amont, elles égalisent le profil des vitesses d'écoulement horizontales et favorisent la floculation. Il en résulte une meilleure répartition des temps de transit dans les différents compartiments du bassin, donc une qualité supérieure de décantation et une forte réduction de la teneur en suspensions à la sortie de ce dernier. Des essais dynamiques ont servi à simuler la situation consécutive à l'arrivée de débits d'eau pluviale dans le bassin. Le concept des parois perforées s'est

également avéré valable sous ces sollicitations. A la sortie des bassins équipés de ces chicanes, la concentration des suspensions est pratiquement identique à celle attendue en temps sec, alors qu'une augmentation massive est visible dans les bassins conventionnels. Comparés à ces derniers, les bassins équipés de parois perforées montrent un comportement des boues totalement différent. Une quantité plus grande de boues s'y accumule et celles-ci doivent subir un dévasement de façon contrôlée.

Les mesures des vitesses d'écoulement faites sur une longue durée ont permis de constater que la fréquence du mouvement du ruban transporteur est décelable à partir des vitesses enregistrées dans la partie inférieure du bassin. Le processus de décantation et de déposition des boues est influencé, respectivement perturbé, par cet apport d'énergie. La variation de hauteur de la couche de boue déposée est une grandeur mesurable dépendant directement de l'apport d'énergie dû au ruban.

RIASSUNTO

Vasche di sedimentazione finale, in quanto situate alla fine del processo di depurazione, rivestono un'importanza fondamentale per il grado di efficienza di un impianto di depurazione a fango attivato. A differenza di altri bacini di decantazione, le vasche di sedimentazione finale sono dominate da correnti di densità indotte dalla differenza di densità fra l'acqua in afflusso carica di fanghi e l'acqua relativamente chiara del bacino. Questo fenomeno produce una distribuzione delle velocità non uniforme, caratterizzata da forti correnti sul fondo e da una corrente opposta di compensazione nella parte superiore del bacino. Queste condizioni idrauliche sono responsabili della distribuzione sfavorevole dei periodi di detenzione e del basso rendimento, in modo particolare in occasione di precipitazioni.

Le più recenti norme per il dimensionamento delle vasche di sedimentazione finale tengono conto del fenomeno citato unicamente aumentando progressivamente la profondità dei bacini. Quali possibili soluzioni si presentano tuttavia per vasche esistenti, la cui profondità non corrisponde più alle norme attualmente in vigore?

Il presente lavoro illustra una possibilità di miglioramento delle condizioni idrauliche e conseguentemente delle condizioni di sedimentazione dei fanghi con l'ausilio di pareti perforate collocate nel bacino perpendicolarmente alla direzione di deflusso. A tale scopo è stato costruito presso la stazione di depurazione Werdhölzli della città di Zurigo un impianto pilota. In questo impianto, della larghezza di 1 m, lunghezza 15 m e con una profondità massima di 3 m, è stato possibile compiere esperienze con fango attivato. Quale sistema di raccolta del fango è stato utilizzato un raschiatore a nastro. Pareti di vetro laterali hanno permesso l'osservazione dei processi verificatisi nel bacino.

Le esperienze in condizioni stazionarie di deflusso hanno mostrato che le pareti perforate esercitano sulle correnti della vasca una forte azione frenante garantendo una migliore distribuzione delle velocità orizzontali di deflusso e promovendo la flocculazione. Il miglioramento delle condizioni di sedimentazione nelle varie camere aumenta l'efficienza totale della vasca e di conseguenza la concentrazione del materiale solido in sospensione nelle acque di deflusso è notevolmente ridotta. Esperienze con deflussi instazionari hanno permesso di simulare oscillazioni e carichi di punta che occorrono in occasione di precipitazioni. Il principio delle pareti perforate si è rivelato adatto anche in queste situazioni. La concentrazione di materiale solido in sospensione nel deflusso di vasche di sedimentazione munite di pareti perforate durante periodi con carico di punta è infatti più o meno uguale a quella registrata durante periodi con carico medio. Nel caso di bacini convenzionali si constata invece un forte aumento della concentrazione di fanghi nel deflusso in occasione di precipitazioni. Paragonata ad una vasca convenzionale, una vasca con pareti perforate presenta un regime dei fanghi completamente diverso, ciò che richiede lo sviluppo di un sistema raccoglitore appropriato.

Misurazioni continuate delle velocità di deflusso mostrano come la velocità delle correnti nella vasca sia correlata alla frequenza di raccolta del fango sul fondo del bacino. I processi di decantazione e di densificazione dei fanghi sono influenzati e fortemente compromessi da questo apporto di energia. La variazione del livello dei fanghi sul fondo della vasca è direttamente proporzionale all'apporto di energia dovuto al sistema di raccolta.