



Doctoral Thesis

Flockungsfiltration zur Reinigung von Abwasser verfahrenstechnische Optimierung zur Elimination von Phosphor und suspendierten Stoffen

Author(s):

Boller, Markus Albert

Publication Date:

1980

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000232719> →

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. 6748

FLOCKUNGSFILTRATION ZUR REINIGUNG VON ABWASSER -
VERFAHRENSTECHNISCHE OPTIMIERUNG ZUR ELIMINATION VON PHOSPHOR
UND SUSPENDIERTEN STOFFEN

Abhandlung
zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften

der

Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von

Boller Markus Albert
Dipl.Ing.ETH
geboren am 8. November 1945
von Schlieren ZH

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. Werner Stumm, Referent
Prof. Ernst Trüeb, Korreferent

1980

ZUSAMMENFASSUNG

Die Flockungsfiltration als eine Kombination chemischer Fällungs-, Adsorptions- und Flockungsvorgänge und einer leistungsfähigen Feststoffabtrennung ist eine Verfahrenstechnik, die sich zur Entfernung gelöster Phosphorverbindungen sowie suspendierten Stoffen im Ablauf konventioneller Kläranlagen eignet. Experimentelle und praktische Erfahrungen mit der Flockungsfiltration von kommunalem Abwasser zeigen, dass mittlere Filtratkonzentrationen von $0.05 - 0.3 \text{ g/m}^3$ Gesamt-Phosphor und $0-5 \text{ g/m}^3$ suspendierte Stoffe erreichbar sind.

In einer Literaturübersicht werden im Hinblick auf eine mathematische Beschreibung der Feststoffabtrennung in Raumfiltern die möglichen Abscheidemechanismen diskutiert. Die mechanistischen Vorstellungen der Filtrationstheorie über die Vorgänge der Partikelabscheidung an Filterkollektoren basieren meist auf der Filtration diskreter Partikel aus monodispersen Suspensionen und sind nur beschränkt übertragbar auf die Abtrennung von Flocken, wie sie bei der Flockungsfiltration von Abwasser vorhanden sind. Die rechnerische Erfassung der Einflüsse der wichtigsten Prozessvariablen auf den Filtrationsprozess erfolgt wegen der Inhomogenität der im Abwasser enthaltenen Feststoffe nur über experimentell abgestützte Formulierungen. Mit Hilfe von Versuchen in differentiellen Filterschichtelementen mit mechanisch-biologisch und chemisch gereinigtem Abwasser wurde der Einfluss von Filterkorngrösse, Filtergeschwindigkeit und Partikelgrösse auf den Abtrennungsgrad der Feststoffe und auf den Druckverlust ermittelt.

Die aus den Einzelschichtversuchen gewonnenen Zusammenhänge wurden in ein halbempirisches Rechenmodell eingebaut, das erlaubt, den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Partikelhäufigkeitsverteilung resp. der Feststoffkonzentration und des Druckverlustes in einem Flockungsfilter zu berechnen. Der Modellrechnung liegen die durch Partikelhäufigkeitsanalysen im Abwasser erhärteten Abtrennungsvorgänge der Anlagerung von Partikeln an die Oberfläche

von Filterkörnern und der Siebung von hauptsächlich grösseren Feststoffen ($> 30\mu\text{m}$) zwischen den Kollektoren zugrunde.

Zwischen den Resultaten der Modellrechnung und den Ergebnissen entsprechender Pilotversuche mit Zweischichtfiltern wird eine gute Uebereinstimmung gefunden. Die rechnerische Modellierung kann mit genügender Sicherheit als Instrument für bemessungstechnische Ueberlegungen dienen. Anhand einiger Berechnungsbeispiele über den Einfluss der Partikelgrössenverteilung, des Filterschichtaufbaus und der Filtergeschwindigkeit wird die Anwendung der Modellrechnung demonstriert. Näherungsweise können mit dem vorliegenden Modell auch dynamische Verhältnisse durch stufenweise Aenderung der Partikelgrössenverteilung und der Filtergeschwindigkeit innerhalb eines Filterlaufes simuliert werden. Dies ermöglicht die rechnerische Erfassung von Vorgängen in Flockungsfiltern unter grosstechnischen Betriebsbedingungen.

Unter Beachtung des Optimierungskriteriums, dass Feststoffdurchbruch und Verstopfung eines Raumfilters zur gleichen Zeit auftreten, werden in einer praktischen Anwendung des Filtrationsmodelles die optimalen Schichtkombinationen eines Dreischichtfilters aus Granatsand, Quarzsand und Anthrazit gesucht und im Hinblick auf eine wirtschaftliche Optimierung diskutiert.

ABSTRACT

Contact filtration in waste-water treatment includes chemical precipitation, adsorption and flocculation processes combined with efficient solids separation for the removal of phosphorus and suspended solids. Experimental and practical experience confirm a high effluent quality with 0.05 - 0.3 g/m³ total-phosphorus and 0-5 g/m³ suspended solids.

The possible capture mechanisms in deep-bed filtration are numerous and are described in a literature review. It is concluded that the transport and attachment steps which may apply for the removal of discrete particles in monodisperse suspensions cannot readily be applied to the filtration of heterodisperse floc suspensions.

With the help of pilot and laboratory experiments using differential filter layers for contact filtration of secondary effluents, it was possible to quantify the degree of surface attachment of particles on the filter grains and straining mechanisms within the pore space. The results of pilot tests show the influence of different design parameters as type and dose of chemicals (Fe(III)Cl₃ and polyelectrolytes), grain size and filtration velocity as well as the influence of particle size distribution on the two capture mechanisms considered and on head loss build-up.

From the data analysis conclusions are drawn for a mathematical model describing filtrate quality and head-loss with time under given process conditions for single and multi-media filters. Important features of the model is the description of the simultaneous action of surface attachment and straining and water quality calculations based on particle size distributions including a floc density distribution function. Good agreement between pilot scale experiments and model calculations indicates the usefulness of the computations for design considerations.

Results of model calculations demonstrate the influence of filter configuration (single and multi-media beds, grain size), particle size distribution and filter velocity changes on filter performance. A process optimization of a three-media deep-bed filter with respect to layer-thickness shows a case of practical model application.