

# Bekämpfung von Blähschlamm

Während 15 Monaten wurden in der ARA Wetzikon die Auswirkungen von drei verschiedenen Flockungsmitteln (monomeres Aluminium, polymeres Aluminium und Eisen) untersucht. Dabei war der Trockenrückstand (TR) des entwässerten Schlammes grösser, je kleiner der Aluminiumgehalt war. Allerdings fiel in den beiden Aluminium-Phasen nicht mehr, sondern gleich viel Schlamm an wie in der Eisen-Phase. Infolge des höheren Atomgewichts von Eisen (56 g/mol) im Vergleich zu Aluminium (27 g/mol) enthielt der «Eisen-Schlamm» nämlich rund doppelt so viel Metall (Eisen und Aluminium) wie der «Aluminium-Schlamm». Zwei Flockungsmittel-unabhängige Faktoren zeigten ebenfalls eine starke Korrelation mit dem TR des entwässerten Schlammes.

VON MARLÈNE ZBINDEN, IVO BEURER, MARKUS SOBASZKIEWICZ, URS BAIER, HERBERT FRÜH, JEAN-MARC STOLL

Die kommunale Abwasserreinigung erfolgt in der Schweiz überwiegend in Kläranlagen mit einem Belebtschlammverfahren. Viele Klärwerke, so etwa auch die ARA Wetzikon, sind für den weitergehenden Nährstoffabbau (Nitrifikation, Denitrifikation und biologischer Phosphatabbau) ausgelegt. Diese Verfahren bedingen neben den aeroben Reaktoren zusätzliche anoxische und anaerobe Reaktoren bzw. Zonen, wobei damit eine Fahrweise

## Marlène Zbinden

Dipl. Umwelt-Natw. ETH, Mitarbeiterin am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) der HSR Hochschule für Technik in Rapperswil.

## Ivo Beurer

Dipl. Ing. ETH, Mitarbeiter Feralco (Schweiz) AG, Uetikon am See.

## Markus Sobaszkiwicz

Klärwerkmeister, ARA Flos, Wetzikon.

## Urs Baier

Prof. Dr. sc. nat., Dozent für Umweltbiotechnologie, Fachgruppenleiter Umweltbiotechnologie, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

## Herbert Früh

Dr. sc. nat., Geschäftsführer Feralco (Schweiz) AG, Uetikon am See.

## Jean-Marc Stoll

Prof. Dr. sc. nat., Dozent für Chemie, Fachstellenleiter am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) der HSR Hochschule für Technik in Rapperswil.



Aluminiumhaltige Flockungsmittel nützen gegen Blähschlamm.

unter niedriger Belastung [ $< 0,15 \text{ kg BSB5} / (\text{kg TR mal d})$ ] [1] und höherem Schlammalter notwendig wird. Namentlich die stickstoffabbauenden Bakterien benötigen dieses hohe Schlammalter, um sich vermehren zu können. Dies führt zu deutlichen Veränderungen in den Selektionsmechanismen der Mikroorganismengemeinschaft im Belebtschlamm, welche zur Entwicklung von Fadenbakterien führen. Diese wiederum sind mit Absetzproblemen des Belebtschlammes in Form von Bläh- und Schwimmschlamm sowie Schaum verbunden. Als Folge der schlechten Absetzung in der Nachklärung treibt der Schlamm mit dem gereinigten Abwasser ab. Die ansonsten gute Reinigungsleistung der

Kläranlagen wird insgesamt stark verschlechtert und die Einleitgrenzwerte können kaum eingehalten werden. Zusätzlich können die Fadenbakterien auch zum Überschäumen des Faulturmes führen.

Eine mögliche Massnahme, um die fadenförmigen Mikroorganismen zu verhindern, ist die Senkung des Trockenrückstandes (TR) im Belebtschlammbecken und folglich die Erhöhung der Schlammbelastung. Diese Massnahme senkt aber auch das Schlammalter, was für den Abbau von Stickstoff, schwer abbaubaren Stoffen und Mikroverunreinigungen kontraproduktiv ist.

Wirksam in der Bekämpfung sind monomere und polymere Alumini

um-Verbindungen, die das Wachstum von fadenförmigen Mikroorganismen hemmen.

Verschiedentlich fällt der Einsatz von aluminiumhaltigen Flockungsmitteln in der biologischen Reinigungsstufe zeitlich zusammen mit einer Verringerung des Entwässerungsgrades (TR bzw. Feststoffgehalt des ausgefaulten und entwässerten Schlammes) nach der anaeroben Schlammbehandlungsstufe (Faulung). Ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Aluminium-Produkten und dem Entwässerungsgrad des Klärschlammes konnte jedoch bisher nicht hergestellt werden.

### Vorgehen

In der ARA Flos in Wetzikon wurden während der 15-monatigen Versuchsphase drei verschiedene Flockungsmittel eingesetzt. Alle wichtigen Betriebsparameter wurden in dieser Versuchsphase erfasst und in einer Datenbank zusammengetragen. Um den Einfluss der Jahreszeit beziehungsweise der Temperatur möglichst auszuschliessen, wurden die Vergleiche zwischen den verschiedenen eingesetzten Flockungsmitteln nur bei mittleren Wassertemperaturen (15,5 bis 17,5 °C) gemacht. Parallel dazu wurde in Laborversuchen abgeklärt, ob Aluminium und Eisen einen unterschiedlichen Einfluss auf die Faulung und Entwässerung des Klärschlammes haben. Versuche zur Optimierung der Faulung und Entwässerung wurden sowohl im Labor als auch in der ARA Wetzikon durchgeführt.

### Aluminium in der biologischen Reinigungsstufe

In der ARA Wetzikon wurde im Sommer und Herbst 2006 ein monomeres Aluminiumsalz mit Eisen in einer Dosierung von rund 1,5 g Al / (kg TR mal d) erfolgreich eingesetzt. Es trat kein Blähschlamm auf und das Schlammalter betrug zwischen 8 und 15 Tagen. Im Frühling

2007 reichte sogar die Dosierung von 0,8 bis 1,0 g Al / (kg TR mal d) eines polymeren Aluminium-Produkts mit Eisen, um ein Schlammalter von acht Tagen aufrechtzuerhalten, ohne dass dabei Blähschlamm auftrat. Die in der ARA Wetzikon wirksamen Dosierungen waren im Vergleich mit Literaturwerten klein. In der Versuchsphase, in welcher nur Eisen dosiert wurde, musste der TR im Belebtschlammbecken gesenkt werden, um die Schlammbelastung auf rund 0,3 kg BSB5 / (kg TR mal d) anzuheben und Blähschlamm zu verhindern. In der Versuchsphase mit Eisen betrug das Schlammalter nur noch knapp fünf Tage, was bereits knapp für die Nitrifikation war und die Denitrifikation verunmöglichte.

In der ARA Wetzikon konnte der hemmende Effekt von Aluminium auf die Bildung von Blähschlamm beobachtet werden. Nach einem Ausfall der Aluminiumdosierung stieg der Schlammvolumenindex markant an.

### Aluminium in der Faulung

Die durchgeführten Laborversuche haben gezeigt, dass bereits kleine Konzentrationen an Aluminium oder Eisen (3% bezogen auf den TR, im Vergleich dazu ARA Wetzikon: 3 bis 8%) im Frischschlamm hemmend auf die Gasproduktion in der Faulung wirken. Eisen hatte den grösseren Hemmeffekt als Aluminium, wobei es sich nur um eine 30-tägige Versuchsphase handelte. Es ist anzunehmen, dass bei länger dauernder Belastung mit Aluminium und/oder Eisen eine Adaptation stattfindet und sich die Verhältnisse somit ändern können.

Auch beim dokumentierten Abbaugrad in der Faulung der ARA Wetzikon zeigten sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Flockungsmitteln (vgl. Abbildung 1). Der Abbaugrad war am grössten während der Phase mit dem monomeren Aluminium-Produkt und am kleinsten mit dem Eisen-Produkt. Während der Phase mit dem polymeren Aluminium-

Produkt lag der Abbaugrad zwischen den zwei anderen Phasen.

### Aluminium in der Entwässerung

Nebst den Prozessen in der Faulung wurde die Entwässerung des Faulschlammes genauer untersucht. Während der Versuchsphase mit Eisen wurde der höchste TR des entwässerten Schlammes erreicht (vgl. Abbildung 2). Dies bestätigt die vielfach geäusserte Feststellung, dass die Anwendung von Aluminium zeitlich mit der schlechten Entwässerbarkeit des Schlammes zusammenfällt (im Vergleich zur Anwendung von Eisen).

Dieses Resultat muss aber aus zwei Gründen relativiert werden:

Erstens: In der Zeit zwischen der Versuchsphase mit monomeren Aluminium und derjenigen mit Eisen wurden die Einstellungen des Dekanters optimiert. Die Differenzdrehzahl des Dekanters wurde gesenkt, das Drehmoment erhöht und die FHM-Konzentration verringert. Dadurch wurde ein um rund 2% besseres Entwässerungsergebnis erreicht.

Zweitens: Eisen hat ein rund doppelt so grosses Atomgewicht wie Aluminium. Eine bestimmte Molmenge Eisen ist also doppelt so schwer wie die gleiche Molmenge Aluminium. Als Folge davon enthält der Faulschlamm aus der Eisen-Phase deutlich mehr Metall (Eisen und Aluminium) als die Faulschlämme aus den Aluminium-Phasen (vgl. Abbildung 3). Die Überlegung, dass ein hoher TR im entwässerten Schlamm auch eine gute Entwässerung bedeutet, ist in diesem Fall also ein Trugschluss. Würde man zum entwässerten Faulschlamm aus der monomeren Aluminium-Phase nämlich 3% Eisen bezogen auf den TR des Faulschlammes zugeben (so dass die gleiche Metall-Menge resultiert wie in der Eisen-Phase), so würde sich der TR des entwässerten Schlammes um 1% erhöhen – ohne dass sich die Entwässerung verändert hätte!

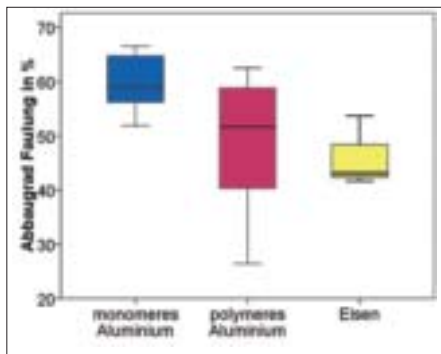


Abbildung 1: Abbaugrad der organischen Substanz in der Faulung während den drei Versuchsphasen in der ARA Wetzikon.

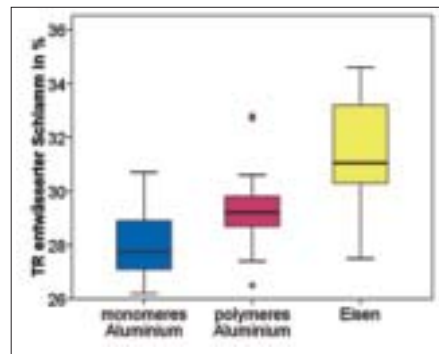


Abbildung 2: TR des entwässerten Schlammes während den drei Versuchsphasen in der ARA Wetzikon.

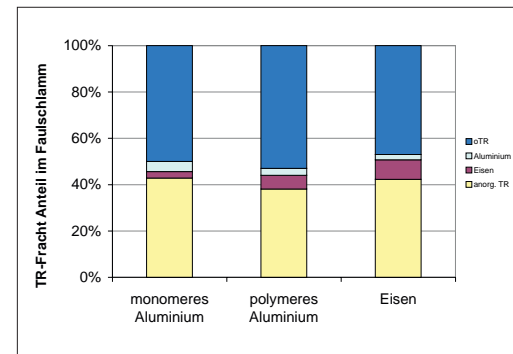


Abbildung 3: Organischer, Metall- und restlicher anorganischer Anteil des TR des Faulschlammes in der Versuchsphase.



Der gleiche Effekt zeigte sich auch in der anfallenden Schlammmenge (vgl. Abbildung 4), die in allen drei untersuchten Phasen gleich war. Der Einsatz von Aluminium bewirkte zwar einen tieferen TR, aber nicht, weil weniger Wasser aus dem Schlamm gepresst wurde, sondern weil weniger Feststoffe vorhanden waren.

Welcher Faktor nun den grössten Einfluss auf den TR des entwässerten Schlammes hatte, wurde mit Hilfe der multiplen linearen Regression getestet. Dabei zeigte sich, dass vor allem der oTR, der Aluminiumgehalt des Faulschlammes und das Drehmoment des Dekanters einen massgeblichen Einfluss auf die Entwässerung des Faulschlammes hatten. Je kleiner der Aluminiumgehalt und der oTR des Faulschlammes und je grösser das Drehmoment des Dekanters war, desto grösser war der TR des entwässerten Schlammes.

## Verbesserungen der Faulung und Entwässerung

Laborversuche ergaben bei einer vorgängigen Eindickung des Frischschlammes keine verminderte Gasproduktion. Eine Eindickung verlängert aber die Faulzeit und vergrössert dadurch erwartungsgemäss auch den Abbaugrad. Kläranlagen mit relativ kleinem Faulraumvolumen könnten durch die Eindickung des Frischschlammes die Faulzeit erhöhen.

Die separate Faulung von Primär- und Überschussschlamm bewirkte keine Steigerung der Gasproduktion. Bei der separaten Faulung von Überschussschlamm entstand sogar weniger Gas bezogen auf den Trockenrückstand.

Durch die Zugabe von altem Speiseöl in einer Menge von bis zu 0,5 Vol.-% des Frischschlammes wurde die Gasproduktion in der Faulung gesteigert [2]. Eine grössere Ölmenge hemmte die Faulung.

Auch in der Entwässerung wurden Optimierungsmöglichkeiten von den

Laborversuchen abgeleitet und in der ARA Wetzikon umgesetzt. Bei Filtrationsversuchen im Labor stellte sich heraus, dass der Faulschlamm bei kleinerer Konzentration des zugegebenen FHM besser entwässerbar ist. Gleichzeitig sank der FHM-Verbrauch. Aus den Laborversuchen lässt sich ein Einsparungspotenzial an FHM von rund 30% oder für die ARA Wetzikon 20 000 Franken pro Jahr ausmachen. Weiter wurde in der ARA Wetzikon die Anmischung des FHM für die Voreindickung und Entwässerung auf Brauchwasser umgestellt und dadurch mehr als 2000 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr eingespart.

Bei den Einstellungen des Dekanters waren das Drehmoment des Dekanters und die Differenzdrehzahl die entscheidenden Maschinenparameter. Je höher das Drehmoment des Dekanters und je tiefer die Differenzdrehzahl war, desto besser war auch das Entwässerungsergebnis. Die Faulschlamm- und FHM-Menge sind so zu wählen, dass der Dekanter den eingestellten Wert auch erreichen kann. Regelt der Dekanter ständig, führt das zu einem auf und ab der Dekanterparameter, wobei kein gutes Entwässerungsergebnis erzielt wird. Zusätzlich ist es wichtig, dass der Schlamm möglichst homogen ist.

## Fazit

In Kläranlagen, in welchen Blähschlamm häufig auftritt, kann ein aluminiumhaltiges Flockungsmittel wirksam in der Prävention und Bekämpfung eingesetzt werden. In der ARA Wetzikon reichte eine vorbeugende Dosierung von 0,8 bis 1,0 g Al / (kg TR mal d), um einen stabilen Betrieb im Belebtschlammbecken zu gewährleisten.

Der anaerobe Abbau in der Faulung wird durch den Einsatz von aluminiumhaltigen Betriebsmitteln nicht gestört.

Mit dem eingesetzten eisenhaltigen Flockungsmittel wurde im Vergleich mit den zwei aluminiumhaltigen Produkten ein höherer TR des entwäs-

## Flockenbildung

Durch die negative Oberflächenladung stossen sich kleinste Partikel im Abwasser ab. Die Partikel sind dadurch stabilisiert und sedimentieren nicht.

Eine Destabilisierung erfolgt durch einen Ladungsausgleich. Durch die Zugabe von Metallkationen in Flockungsmitteln (mineralische Aluminium- oder Eisenverbindungen) wird die Abstossung der Partikel aufgehoben, die Partikel koagulieren zu grösseren Flocken und sedimentieren. Zum Einsatz in Kläranlagen gelangen neben den monomeren, dreiwertigen Eisen- und Aluminiumsalzen (Eisenchlorid, Eisensulfatchlorid, Aluminiumsulfat) auch polymere Aluminiumverbindungen (z.B. Al<sub>13</sub>, PAC Polyaluminiumchlorid), die vorrangig zur Verbesserung der Belebtschlamm-Flockenbildung eingesetzt werden. In diesem Artikel wird der Begriff Flockungsmittel für alle anorganischen, metallhaltigen Betriebsstoffe (oft auch Fällmittel genannt) verwendet, die vor allem im Belebtschlammbecken eingesetzt werden.

Mit Flockungshilfsmittel (FHM) werden die organischen, meist polyacrylamidhaltigen Zusatzstoffe bezeichnet. Die vielen Bindungsstellen des FHM führen zu einer Brückenbildung zwischen den negativ geladenen Partikeln und schliesslich auch zu deren Sedimentation.

serten Schlammes erreicht. Aufgrund der grösseren anorganischen Fracht in der Eisenphase (höhere Atommasse des Eisens gegenüber dem Aluminium) war aber die absolute Menge an entwässertem Schlamm mit allen drei Flockungsmitteln in etwa gleich gross.

In der Entwässerung kann mit einfachen Filtrationsversuchen die optimale FHM-Konzentration ermittelt werden. Bei einer angepassten FHM-Konzentration sank in der ARA Wetzikon auch der FHM-Verbrauch. Der Dekanter sollte mit 75 bis 85% des maximalen Drehmoments und einer Differenzdrehzahl kleiner als 1,7 UpM betrieben werden. Die Schlamm- und FHM-Menge im Dekanter sind dann so zu wählen, dass das Drehmoment und die Differenzdrehzahl konstant gehalten werden können.

Die erzielten Verbesserungen in der Entwässerung und die Reduktion des Verbrauchs an FHM rechtfertigen den Mehraufwand an Arbeit für die Einstellungen des Dekanters.

Das Projekt wurde von der KTI, Förderagentur für Innovation des Bundes, mitfinanziert.

[1] BSB5: Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen, TR: Trockenrückstand

[2] Baier, U. et al. «Gehören pflanzliche Altöle in den Faulturn?» Umwelt Perspektiven, April 2007, S. 22ff

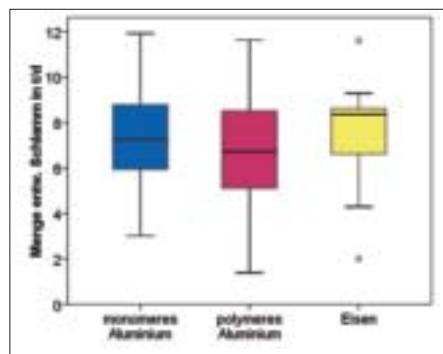


Abbildung 4: Menge des entwässerten Schlammes während den drei Versuchsphasen.

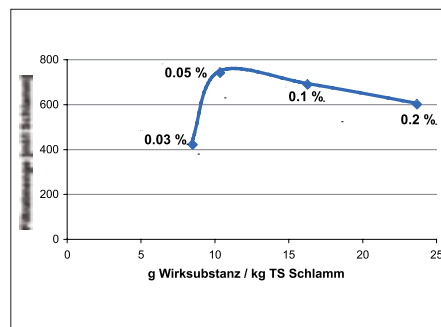


Abbildung 5: Filtratmengen aus dem Faulschlamm bei verschiedenen FHM-Mengen und -konzentrationen im Laborversuch. Konzentrationsangabe im Diagramm in % Wirkstoff.