

Einsparung von polymerem Flockungsmittel auf Basis einer Zentratwasserüberwachung mittels einer dynamischen Regelung

1. Situation

Die Technischen Betriebe Wilhelmshaven (TBW) betreiben und unterhalten eine Zentrale Kläranlage (ZKA), die 1976 in Betrieb genommen worden ist. Die Abwasserableitung in Wilhelmshaven erfolgt im Trenn- und im Mischsystem. Aufgrund der topografischen Gegebenheiten wird das Abwasser aus dem gesamten Wilhelmshavener Stadtgebiet zur Kläranlage über Haupt- und Nebenpumpwerken gefördert. Der Volumenstrom liegt zwischen 500 m³/h (nachts) und max. 5.000 m³/h (Regenwetter). Der Abwasserstrom resultiert aus den angeschlossenen Einwohnern. Die ZKA Wilhelmshaven ist für 160.000 EW bemessen.



Bild 1: Zentrale Kläranlage Wilhelmshaven

Das Abwasser erreicht nach der Rechengutseparation und dem belüfteten Sandfang die Vorklärung. In der Vorklärung stehen insgesamt 3 identische Rechteckbecken mit je einem Volumen von 1.700 m³ zur Verfügung.

Das mechanisch vorgereinigte Abwasser gelangt nun in den biologischen Teil der Kläranlage. Hier erfolgt der Abbau von Kohlenstoff und Stickstoff. In den vier teilweise

belüfteten und teilweise unbelüfteten Belebungsbecken bauen Bakterien und andere Kleinstlebewesen die gelösten und feinzerteilten organischen Stoffe des Abwassers ab. Den Bakterien wird Sauerstoff über Belüftungseinrichtungen, die auf dem 6 Meter tiefen Beckenboden installiert sind, zugeführt. Der biologische Schlamm fließt mit dem Abwasser in die angrenzenden vier kreisrunden Nachklärbecken. Nachdem der Schlamm sich abgesetzt hat, wird er von Räumbrücken zur Mitte des Beckens in einen Schlammtrichter befördert und der Intensiv-Faulung zugeführt.

In der zweistufigen Intensiv-Faulung wird der Überschussschlamm vorentwässert und mit dem Primärschlamm, über Wärmetauscher auf ca. 55° C erwärmt und dem 800 m³ fassenden Faulturm der 1. Stufe (thermophile Stufe) zugeführt. Anschließend wird er in jeweils zwei 1.800 m³ fassenden Faultürme der 2. Stufe (mesophile Stufe) gepumpt. Das dabei entstehende Faulgas wird in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung genutzt.

2. Die weitere Schlammbehandlung

Der ausgefaulte Schlamm wird mittels Zentrifugen auf einen Trockenrückstand von ca. 25% entwässert. Jährlich fallen ca. 7.000 Tonnen entwässertes Schlamm an. Als Entsorgungs- und Verwertungsweg für den entwässerten Faulschlamm wird die thermische Verwertung gewählt. Für die Entwässerung des täglich anfallenden Faulschlammes von ca. 290 m³ stehen 2 Zentrifugen der Fa. Hiller, Typ DP54-422 mit einer Stundenleistung von je 30 m³ zur Verfügung. Das polymere Flockungsmittel (pFM) wird wahlweise in fester oder in flüssiger Form einer Aufbereitungsanlage zugegeben. Über ein Eingabetableau, werden alle spez. Parameter für den Betrieb der Zentrifugen eingegeben. Die entsprechende pFM-Menge wird ebenfalls als konstante Größe in l/h über das Eingabetableau vorgegeben.

Tritt nach Start der Zentrifuge der erste gute entwässerte Feststoff bei klarem Zentrat aus, kann die Schlammmenge langsam erhöht werden. Bei konstanten Betriebsbedingungen und erreichtem Drehmoment stellt sich in der Zentrifuge ein Beharrungszustand ein, bei dem die Trennergebnisse konstant sind. Der Anlagenfahrer muss nun regelmäßig die Prozessparameter überprüfen. Besonderen Augenmerk liegt dabei in der Beobachtung des Zentratwassers. Erkennt er eine Veränderung im Zentrat, muss entweder die pFM-Menge reduziert oder erhöht werden.

Das Personal ist jedoch nicht nur mit der Aufgabe des Zentrifugenbetriebs beschäftigt, daher kann eine kontinuierliche Anlagenüberwachung durch den Anlagenfahrer nicht gewährleistet werden. Veränderungen im Zentrat können dadurch oft nicht rechtzeitig erkannt werden. Es kommt daher unweigerlich zu einer pFM Über- bzw. Unterdosierung. In der Praxis wird die Anlage eher mit einer Überdosierung betrieben.

Um diesen Zustand der pFM Überdosierung zu eliminieren, wurde anfangs an den Betrieb mit einer Feststoffsonde im Faulschlamm gedacht. Vermehrte TR-Messungen im Faulschlamm über den Tag verteilt haben jedoch gezeigt, dass der Feststoffwert des Faulschlammes annähernd gleichbleibend ist, sodass lediglich durch den Einsatz der TR Sonde im Faulschlambereich keine signifikante Verbesserung zu erwarten ist.

3. Testbetrieb mit einem Regelsystem zur Dosierung von pFM

Wir haben uns daher nach einem intelligenten Regelsystem zur Dosierung von polymeren Flockungsmitteln auf Basis einer Zentratwasserüberwachung umgeschaut.

Einsparung von polymerem Flockungsmittel auf Basis einer Zentratwasserüberwachung mittels einer dynamischen Regelung

Die Fa. Flocmix GmbH aus Bremen konnte ein entsprechendes System für einen Langzeitversuch zur Verfügung stellen und vor Ort installieren und in Betrieb nehmen.

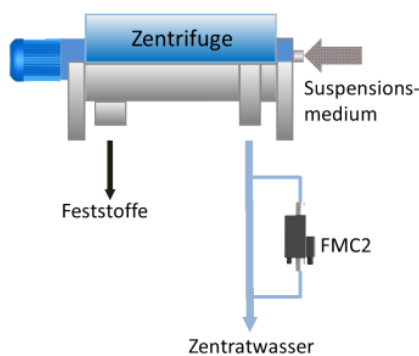


Bild 2: Übersicht Verfahren

Das von der Fa. Flocmix GmbH entwickelte Reglersystem Flocmatic® ZW Regler ist ein dynamisches Regelungsverfahren basierend auf einer permanenten Zentratwasserzustands-Überwachung, siehe Bild 2. Der Regler reagiert unmittelbar bei etwaigen Veränderungen des Zentratwassers und korrigiert die Menge an pFM bedarfsgerecht.

Unsere Anforderungen an dieses System im Testbetrieb waren eine optimale Zuführung der pFM-Menge sowie ein stabiler TR-Austrag bei einem vollautomatischen Betrieb, sodass ein geringer Betriebsaufwand entsteht und auf eine Überdosierung verzichtet werden kann.

In Absprache und in enger Einbindung mit dem Betriebspersonal wurde im Januar 2021 die Zentrifuge 2 mit dem Flocmatic® ZW Regler System ausgerüstet. Zentrifuge 1 wurde unverändert parallel dazu betrieben.



Bild 3: Zentratwassersonde FMC2

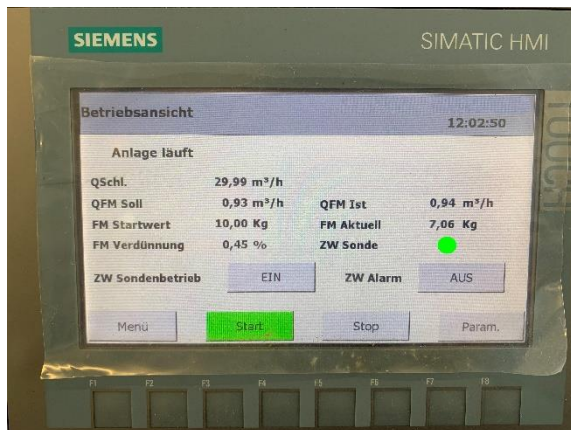
Für den Einbau der Zentratwassersonde musste die vorhandene Zentratwasser-Probenahmestelle geringfügig umgebaut werden, um eine kontinuierliche Teilstromentnahme des Zentratwassers zu gewährleisten. Bild 3 zeigt die Sonde FMC2 im Einsatz.

Das Flocmatic® ZW Regler System ist in einem Schaltschrank für die Wandmontage (500x500mm) verbaut und wurde provisorisch an dem Gestell der Zentrifuge nahe der Zentratwassersonde installiert.

Da bauseits keine Profinet-Schnittstelle zur Verfügung stand, erfolgte die Einbindung des Reglers über Analogwerte. Als Eingangswerte wurden der Faulschlammdurchfluss [m^3/h] und die Gebrauchslösungsmenge [m^3/h] in 4-20mA benötigt.

Einsparung von polymerem Flockungsmittel auf Basis einer Zentratwasserüberwachung mittels einer dynamischen Regelung

Zur Ansteuerung unserer Gebrauchslösungspumpe liefert der Floccmatic® ZW Regler ebenso Analogwerte [4-20mA] im Ausgang. Bei der Inbetriebnahme wurde die Zentratwassersonde entsprechend des Zentratwasserzustands kalibriert.



Der Regler bietet unterschiedliche Regelvarianten zur Anpassung der vorhandenen Anlagencharakteristiken. Wir haben uns für ein ruhiges Regelverhalten entschieden und die Regelparameter folglich mit 0,25 Kg / t*TR für Dosierungsänderungen vorgegeben.

Als Startwert haben wir die bislang übliche Menge an pFM ca. 10 Kg / t*TR gewählt.

Bild 4: Displayansicht PolyControl Regler

Ein in der SPS hinterlegtes Ampelsystem zeigt den aktuellen Status des Reglers an. Bei einer Unterdosierung erscheint die Ampel rot und Überdosierungen wird mit gelb angezeigt. Die Optimaldosierung ist bei grüner Statusanzeige gegeben.

Bei Betrieb hat der Regler sukzessiv die pFM-Menge reduziert, bis im Zentratwasser ein geringer Feststoffanteil ersichtlich wurde. Anschließend hat der Regler die pFM-Menge wieder etwas erhöht, sodass ein sauberes Zentrat erreicht wurde. Diese Einstellung hielt der Regler stabil, bis wiederum Veränderung des Zentratwassers festzustellen waren und der Regler dementsprechend pFM erhöht bzw. weiter reduziert hat.



Bild 5: Zentratwasserprobe mit Überdosierung

Während des Versuchszeitraumes wurden alle betriebsspezifischen Daten, wie die Trockensubstanz Faulschlamm, die täglich durchgesetzte Faulschlammmenge sowie der dazugehörige pFM-Verbrauch dokumentiert. Weiterhin wurden zusätzlich Zentratwasserproben gezogen.

Einsparung von polymerem Flockungsmittel auf Basis einer Zentratwasserüberwachung mittels einer dynamischen Regelung

Bild 5 zeigt den Vergleich zwischen einer leichten pFM-Überdosierung von 10 Kg / t*TR und einer optimalen Dosierung mit 7,5 Kg / t * TR.



Bild 6: Zentratwasserprobe mit Unterdosierung

Deutlich ist im Bild 6 der Vergleich zwischen einer Unterdosierung mit 7 Kg / t*TR und einer optimalen Dosierung von 7,5 Kg / t*TR zu erkennen.

Bei keiner Versuchsfahrt wurden Veränderungen an der Zentrifuge wie z. B. Anpassungen an Drehmoment oder Drehzahl durchgeführt. Der Austrag erfolgte wie gewohnt mit ca. 25% TR.

In der untenstehenden Tabelle 1 ist der durchschnittliche Polymerverbrauch vor und nach dem Testbetrieb dargestellt. Um die Ergebnisse besser darzustellen, wurden die Kosten für den pFM-Bedarf je Tonne TR umgerechnet.

Jahr	Ø pFM Bedarf [kg/t* TR]	Ø pFM Kosten je Tonne TR
2018	10,24	46,00 €
2019	10,69	48,00 €
2020	10,64	47,70 €
2021*	7,51	33,70 €

Tabelle 1: Polymerverbrauch in den vergangenen 4 Jahren

* pFM Dosierung durch den Floccmatic® ZW Regler

4. Fazit

Durch den Einsatz des Floccmatic® ZW Reglers (Zentratwassersonde und Regler) konnte bei dem über 1 Jahr andauernden Versuchszeitraum der pFM-Verbrauch um 28% reduziert werden. In dieser Zeit arbeitete der Regler und die wartungsfreie Zentratwassersonde störungsfrei und das bei einem gleichbleibenden und stabilen Entwässerungsprozess. Lediglich der Zentratwasserzulauf musste anlagenbedingt 1x täglich rückgespült werden.

Durch das Ampelsystem ist das Betriebspersonal schnell über den Anlagenzustand informiert. Eine regelmäßige Kontrolle mit manuellem Eingriff zur Korrektur der Dosiermenge ist durch den Algorithmus des Regelsystems nicht mehr notwendig. Durch diesen Innovationsschritt wird das Bedienpersonal bei seiner täglichen Arbeit sinnvoll entlastet.

Dies alles ist ein weiterer Schritt zur Einsparung von Ressourcen sowie ein wichtiger Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität.

Aufgrund der erheblichen pFM-Einsparung und der hieraus resultierenden kurzen Amortisierungszeit, sowie den zuvor beschriebenen Vorteilen haben wir uns entschlossen, den Floccmatic® ZW Regler zu erwerben und auch die Zentrifuge 1 damit nachzurüsten.

Dipl.-Ing. Thomas Fritsch

Abteilungsleiter Stadtentwässerung
Technische Betriebe Wilhelmshaven
Eigenbetrieb der Stadt Wilhelmshaven
Zentrale Kläranlage
Zum Ölhafen 5
26384 Wilhelmshaven

T 0 44 21 16 47 13
M 0170 76 96 999

thomas.fritsch@wilhelmshaven.de