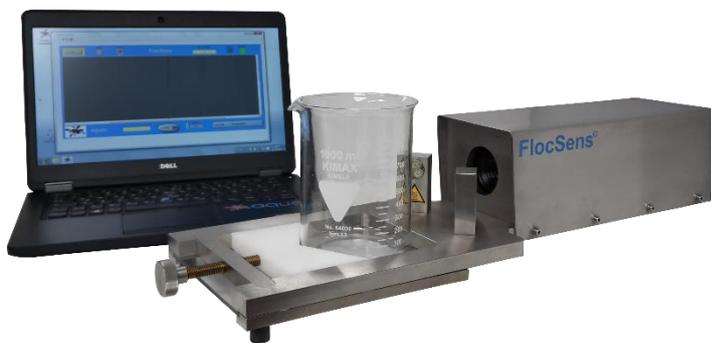




White Paper

Flockensensor

Ein Verfahren zur optischen Erfassung und Bewertung von Flockungs- und Schlammwässerungseigenschaften in Klär-/ Entwässerungsprozessen





Die Flocke im Klärprozess

Die Prozesse zur Klärung von Abwässern werden kontinuierlich optimiert, eine Aufgabe für den verantwortlichen Klärwerksleiter und seine Mannschaft. Neue Mess- und Regelungstechniken und eine kontinuierlich gewachsene Prozess Erfahrung haben zur Klärprozessverbesserung beigetragen.

Die Ausgangssituation:

Ein System zur Online-Bewertung von geflockten Partikelsystemen (Flocken) stand in der hier vorgestellten Technologie und Messschärfe bislang nicht zur Verfügung. Eine Überwachung und Steuerung zur Optimierung von Entwässerungsprozessen war daher nicht bzw. nur schwer realisierbar. Andererseits kann aber die Entwässerbarkeit eines geflockten Systems qualitativ nur anhand des Flockenbildes bewertet werden.

Zur Beurteilung der Flockengüte sind hauptsächlich interessant:

- ◆ Die Flockengrößenverteilung und deren zeitliche Änderung
- ◆ Die Scherstabilität der Flocken

Die Flockengüte (Flockenausprägung) wirkt auf:

1. Die Effektivität (Menge und Qualität) von Flockungshilfsmitteln (Einfluss auf die Flockenbildung)
2. Die Entwässerbarkeit der konditionierten Schlämme (Erhöhung der Trockensubstanz TS und der Entwässerungsgeschwindigkeit)
3. Die Trennqualität der nachgeschalteten Entwässerungsstufe (zur Minimierung der Restschwebstoffe im Trennwasser)

Ergebnis: Mit Kenntnis der Flockengüte im Prozess ist eine höhere Entwässerungsleistung bei reduziertem Polymereinsatz sicher möglich.



Der Entwässerungsprozess

In der Abwasserbehandlung sind polymer-initiierte Eindick- und Entwässerungsprozesse seit langer Zeit ein zentraler Bestandteil der Verfahrensführung. In jüngerer Zeit werden Flockungsprozesse auch zunehmend in anderen Bereichen genutzt, um aus einem Medium bestimmte Inhaltsstoffe abtrennen zu können, so zum Beispiel in der Papierindustrie. Geschichtlich bedingt lag das bisherige Augenmerk primär auf den Separationsmaschinen selbst. Im Regelfall wenig Beachtung fand jedoch die Erzeugung der optimalen Flocke für den Separationsprozess. Mit dem neuen Augenmerk auf eine Optimierung der Trennstufe als letzten Prozessschritt hat sich das nun gravierend geändert. Damit rückt die Flockenbildung als ein zentraler Prozessbestandteil in das Blickfeld. Eine optimale und reproduzierbare Flockenstruktur ist aber ohne messtechnische Erfassung nur sehr schwer realisierbar.

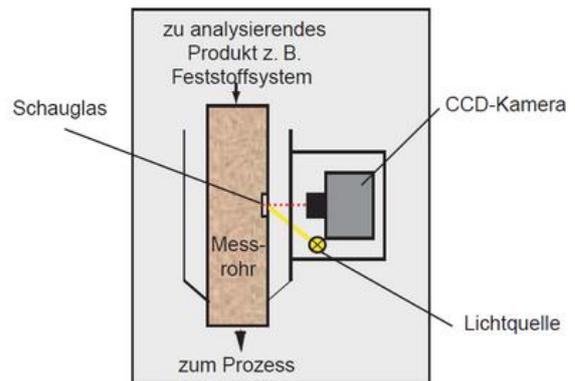




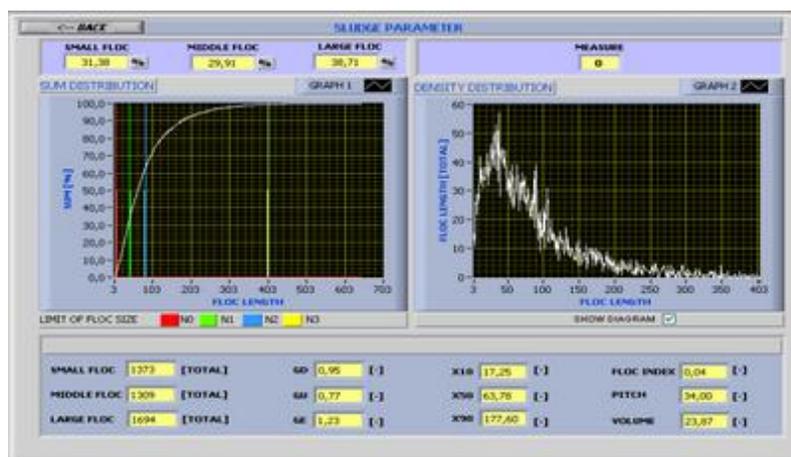
Der Flockungssensor

Der photooptische Flockungssensor ist ein online-Messgerät, das zur Größen- und Strukturcharakterisierung von dispergierten und nichtdispergierten Feststoffsystemen dient. Der Sensor arbeitet in situ, er kann sowohl direkt in eine bestehende Förderleitung bzw. Förderung eingebaut als auch im Bypass betrieben werden.

Der Flockungssensor arbeitet als Reflexionsmessgerät, wobei die Messfläche durch ein Auflichtverfahren beleuchtet wird. Das zu untersuchende Gut wird durch ein Sichtfenster aufgenommen und analysiert. Eine CCD-Zeilenkamera misst aufrecht und quer zur Strömungsrichtung das Partikelsystem.



Der Messbereich erstreckt sich von 50 µm bis 2,9 cm. Die Auswertung ist eindimensional und sehnenlängenorientiert, daher robust und wenig stör anfällig. Die Berechnung von spezifischen Merkmalen basiert auf Sehnenlängenanzahldichte und -summenverteilungen. Diese werden durch das Messsystem sehr schnell in hoher Zahl berechnet, so dass außerordentlich zeitnah statistisch abgesicherte Partikel- bzw. Strukturmerkmale vorliegen.



Das Bild zeigt die Ausgabe eines Messergebnisses, abgeleitet aus der optischen Begutachtung der Flocken. Aus den Rohdaten des Sensors werden in einer nachgeschalteten Recheneinheit die relevanten Prozessgrößen berechnet und optisch dargestellt. Normierte Werte können an Steuerungs- und Regelungssysteme übergeben werden.

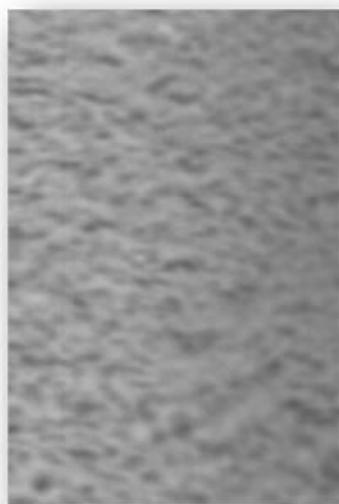
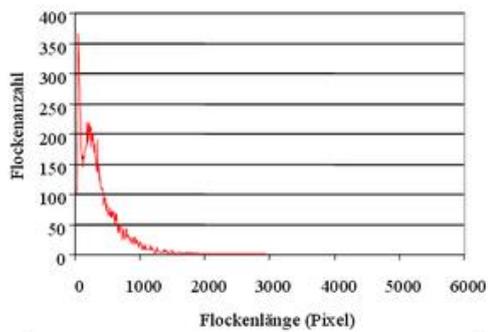


Für den Leser ist es sicher hilfreich ein Beispiel zu betrachten:

Hier eine Abbildung von typischen Flockenhaufen aus der täglichen Klärwerkspraxis:

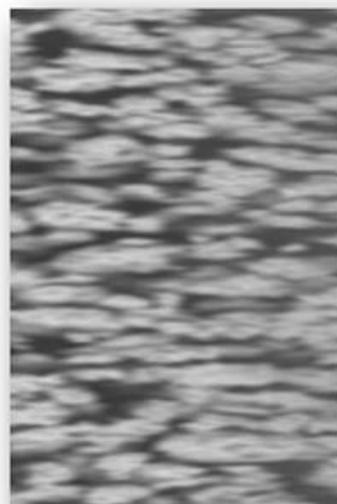
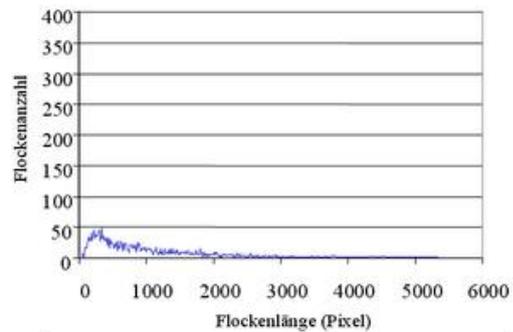
Schlecht entwässerbare Flockung:

- ◆ Hohe Anzahl an Kleinstflocken
- ◆ Restwasser trüb



Gut entwässerbare Flockung:

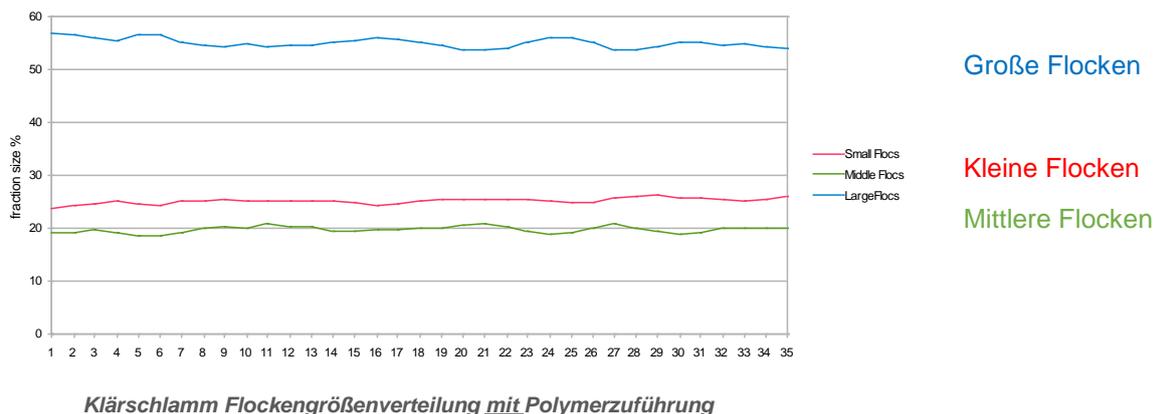
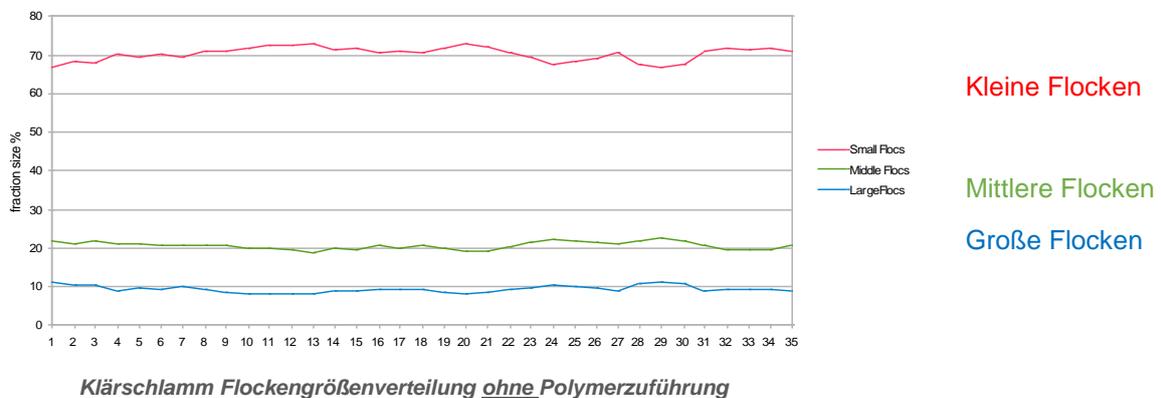
- ◆ Gute Flockenpelletierung
- ◆ Restwasser klar





Die linke Grafik zeigt die hohe Anzahl von Kleinstflocken und Schwebstoffen (Peak bei sehr kleinen Flockenlängen), die rechte eine gut erkennbar „grobe“ Pelletierung der Flocken, Voraussetzung für leicht entwässerbaren Klärschlamm. Die Abbildung spiegelt sich in den Messkurven (rot und blau) wider. Links ein hoher Anteil (Peak) von Kleinstflocken, rechts fehlt dieser Anteil vollständig. Die Kleinstflockenanzahl kann (als ein Beispiel von mehreren wählbaren Ausgabeparametern) als Messgröße zur Steuerung eines Polymer-Mischers genutzt werden.

Zur Veranschaulichung eines Messergebnisses hier die gemessenen Verteilungen kleiner, mittlerer und großer Flocken im Schlamm durchlauf über der Zeit aufgetragen, ohne und mit Polymerzuführung:



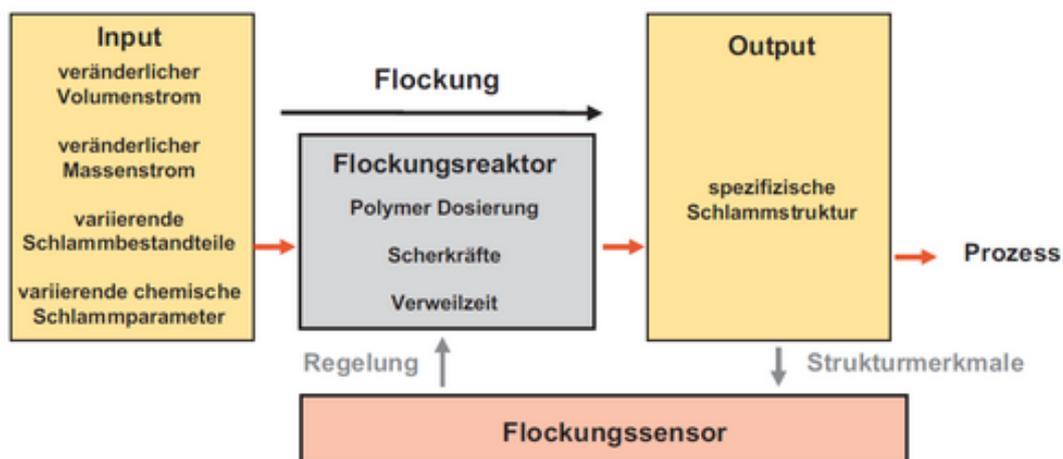
Durch die Auswahl des Polymers und die Steuerung der zugeführten Menge und Mischerdrehzahl kann der Prozess sehr einfach optimiert werden.



Die Software der Bildauswertung ist modular und skalierbar aufgebaut, sodass die Auswertungsroutinen an verschiedenste Stoffsysteme angepasst werden können. Die errechneten Werte sind prozessspezifisch und können für den speziellen Anwendungsfall kalibriert werden.

Neben einer Messwerterfassung, z.B. zur Qualitätskontrolle der Flockung, ist eine Prozessregelung durch den Flockungssensor möglich. Durch den Sensor werden verschiedene spezifische Flockenmerkmale wie Flockengröße und Strukturmerkmale getrennt erfasst. Eine Regelung von einzelnen Aktoren eines struktur- bzw. formgebenden Systems kann somit realisiert werden. Anhand von Installationen konnte nachgewiesen werden, dass der Flockungssensor die Güte der Konditionierung hinsichtlich der Entwässerungsfähigkeit des behandelten Schlammes ermitteln kann. Die Korrelation der Sensorberechnungen zu den tatsächlich erreichten Entwässerungskennwerten liegt bei $> 0,95$, eine hohe Vorhersagekraft.

Das Messsystem ist sowohl für die stationäre Anwendung im Prozess wie auch als Laborapplikation verfügbar.





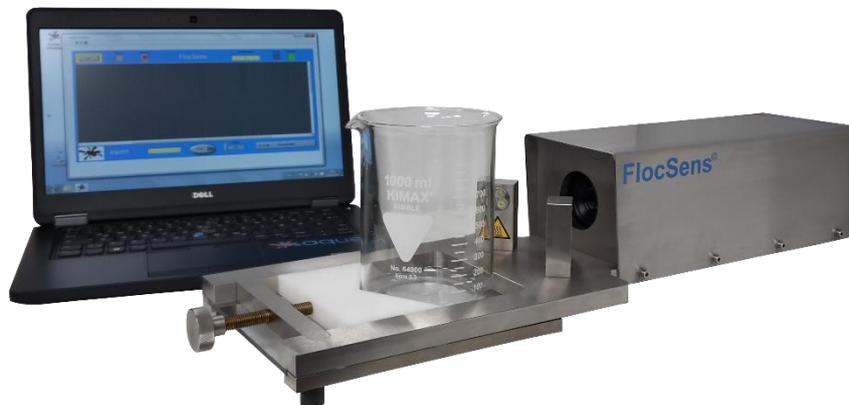
Der mechanische Aufbau

Prozessanwendung



Im stationären Einbau arbeitet der Sensor in situ, er kann sowohl direkt in eine bestehende Förderleitung bzw. Förderung eingebaut als auch im Bypass betrieben werden. Für diesen Einsatzfall sind Betriebsdrücke bis max. 65 bar zulässig. In der Laboranwendung können z.B. die Flockengrößenverteilungen oder die Scherstabilität in Abhängigkeit von den eingesetzten Flockungshilfsmitteln analysiert werden. Somit kann ein reproduzierbares Polymerscreening durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind sehr gut auf den großtechnischen Einsatz übertragbar.

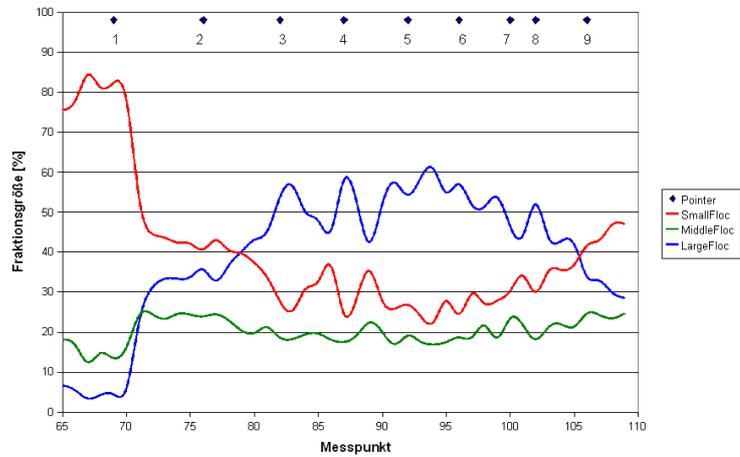
Laboranwendung



Als Beispiel für eine typische Laboranwendung wird das Flockungsverhalten von zwei unterschiedlichen Polymertypen A und B in einem Klärschlamm durch Flockengröße und Flockenstabilität charakterisiert. Hierzu analysiert der Flockensensor den Inhalt eines gerührten Becherglases. Zu Anfang wird der noch unbehandelte Klärschlamm gerührt. Dann erfolgt die erste Zugabe einer bestimmten Polymermenge (Zeit-Markierung 1 im Diagramm, unten). Die Partikelgrößenverteilungen ändern sich nach der Zugabe. In Diagramm mit Polymer A sinkt die Anzahl kleiner Strukturen (rote Graphen) sofort signifikant ab.



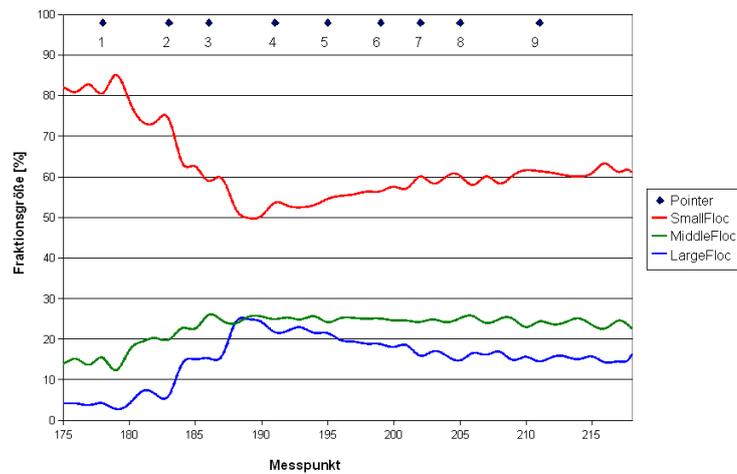
Zugabe Polymer A



Im Diagramm mit Polymer B (unten) fällt die Anzahl der kleinen Strukturen erst nach weiterer Polymerzugabe (Markierungen 2-4) deutlich ab. Reziprok steigen die Fraktionsgrößen der großen Strukturen (blau) an.

Unter weiterem Rühren werden noch weitere (Markierungen 5-7) Polymerdosierungen vorgenommen. Am horizontalen Verlauf der Graphen kann die Stabilität der erzeugten Flocken abgeschätzt werden. Zum Zeitpunkt der Markierungen 8 und 9 wird die Drehzahl des Rührers definiert gesteigert und somit die eingebrachten Scherkräfte erhöht. Das Verhalten der Flocken unter den erhöhten Scherkräftbedingungen lässt Rückschlüsse auf die Langzeitstabilität der gebildeten Flocken zu.

Zugabe Polymer B





Das Ergebnis des Polymervergleiches ist, dass Polymer A aufgrund der schnell entstehenden großen Flocken gut für eine primäre Filtration geeignet ist. Polymer B ist aufgrund seiner relativ kleinen und stabilen Flocken für eine Entwässerung im Zentrifugalfeld geeignet.

Anwendungsbeispiele

Weitere Anwendungen sind überall dort denkbar, wo geflockt wird.

Beispielhaft sei hier aufgeführt, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit:

- ◆ Papierindustrie
- ◆ Fruchtsaftherstellung
- ◆ Abwasserbehandlungen
- ◆ Schlammaufbereitungen (bspw. Bohr- und Schleifschlämme)
- ◆ Eindickungen