

Flockungshilfsmittel Wirkungsweise

Dr. Norbert Kreuzinger Institut für Wassergüte TU – Wien

Karlsplatz 13/2261 1040 Wien norbkreu@iwag.tuwien.ac.at

Einleitung



- Bei der biologischen Abwasserreinigung spielen nicht nur die biologischen Reinigungsprozesse (C-Abbau, Nitrifikation, Denitrifikation) eine Rolle. Ebenso wichtig sind die
- Physikalischen und chemischen Prozesse
 - Adsoption
 - Flockung
 - Fällung
 - Sedimentation
- Flockung und Sedimentation spielen bei der Trennung des gereinigten Abwassers vom Belebtschlamm zusammen.
- Die grundlegenden Prozesse der Feststoffabscheidung in Vorklärung und Nachklärung sind die selben.

Begriffe



Sedimentation

In einem Zweiphasengemisch <u>sinkt</u> der dispergierte (Fest-)Stoff auf Grund seiner höheren Dichte unter dem Einfluss der Schwerkraft <u>ab</u> und kann so abgeschieden werden.

Fällung

ist die <u>Bildung von ungelösten festen</u> Stoffen <u>aus zwei oder mehr</u> <u>gelösten</u>, in der Regel ionischen, Komponenten. Es handelt sich um einen Phasenübergangsprozess (gelöst ⇒ ungelöst).

Flockung

Es werden kleinere, ungelöste Feststoffe in größere Verbände übergeführt. Diese ungelösten Feststoffe können bereits im Abwasser vorhanden sein oder durch Fällungsprozesse entstanden sein. In letzterem Fall spricht man dann von primärer Flockung.

Fällmittel

werden zur Elimination von gelösten Abwasserinhaltsstoffen eingesetzt. Es kommt zu einer chemische Reaktion zwischen zu entfernender Substanz und Fällmittel.

Begriffe



- Flockungsmittel sind für die primären Flockung verantwortlich.
 - Sie führen zur Elimination von gelösten oder kolloidal gelösten Abwasserinhaltsstoffen organischer und anorganischer Herkunft.
 - Meist sind diese Inhaltsstoffe hydrophil (wasserlöslich) und tragen eine negative Ladung. Durch die Zugabe positiv geladener Flockungsmittel (z.B. Aluminium- oder Eisensalze) werden diese Teilchen neutralisiert bzw. umgeladen und treten zu größeren Flocken zusammen. Dieser Prozess wird als Koagulation bezeichnet.

Flockungshilfsmittel

- bilden selbst keine Flocken aus,
- bewirken ein <u>Zusammenballen</u> der Mikroflocken <u>zu großen</u> <u>absetzfähigen Flocken</u> (Flokulation).
- Außerdem <u>verbessern</u> sie durch Bildung eines "Fasergerüstes" die <u>Wasserfreisetzung</u> bei Schlämmen, was bei der Schlammeindickung und -entwässerung eine wichtige Rolle spielt.

Begriffe

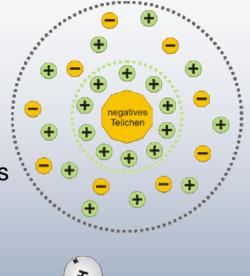


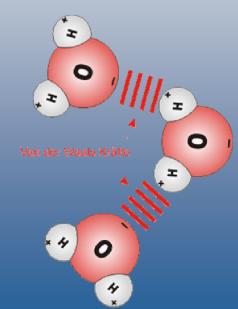
Kolloide

- Teilchen oder Tröpfchen, die in einem anderen Medium (Feststoff, Gas oder Flüssigkeit), dem Dispersionsmedium, fein verteilt sind.
- typischerweise zwischen 1 nm und 10 μm groß.
- Bei der Abwasserreinigung bestehen Kolloide oftmals aus negativ geladenen kleinsten Flocken (Fällmittelflocken, Bakterienflocken) bzw.
 Primärschlammteilchen.

· Van-der-Waals-Kräfte

- Anziehung zwischen Atomen oder geladenen Molekülen, die mit der Entfernung abnimmt.
- Wasser als Dipol mit positiv und negativ geladenem Ende; Wassermoleküle liegen als durch Van der Waals Kräfte zusammengehaltene "Cluster" vor und nicht als einzelne Moleküle
- Durch die Van der Waals Kräfte wird eine "Wasserhülle" um geladene Teilchen erzeugt, was z.B. das Sedimentieren von Kolloiden verhindert.







- Der Einsatz der Sedimentation als Trennverfahren richtet sich nach dem Trennziel und kann im Wesentlichen durch die folgenden Aufgabenbereiche charakterisiert werden:
 - "Klärung" zur weitergehenden Abscheidung der suspendierten Feststoffe
 - "Eindickung" von Feststoffen (Schlämmen) zur Erzielung eines möglichst hochkonzentrierten feststoffreichen Teilstroms
 - Klassieren zur Erzeugung verschiedener Partikelfraktionen unterschiedlicher Durchmesser
 - Sortieren zur Trennung verschiedener Stoffe auf Grund einer unterschiedlichen Dichte.

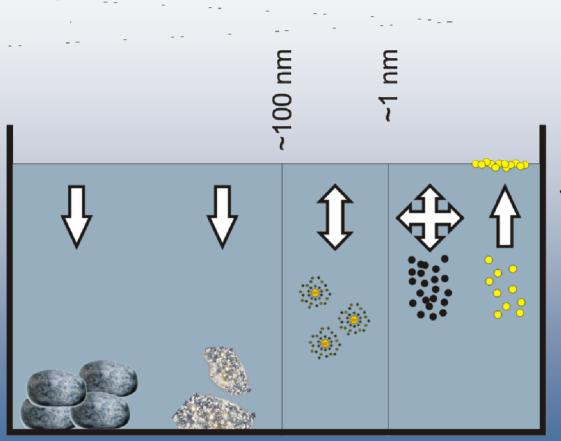


- Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Partikelgröße und Absetzgeschwindigkeit
 - Je größer ein Partikel
 - Je höher die Dichteunterschiede
 - desto besser sedimentiert ein Teilchen
- Je nach abzuscheidender Partikel sind unterschiedliche Aufenthaltszeiten in den Absetzbecken zu realisieren
 - Schotterfang
 - Sandfang
 - Vorklärung
 - Nachklärung





Partikelgröße (abnehmend)



Verhalten im Absetzbecken

Grobstoffe

Partikel Belebtschlamm Flocken

Kolloide Trübung Lösung

Öl, Emulsionen



- Sedimentationseigenschaften von Partikeln hängen ab von:
 - Größe
 - Dichteunterschied Partikel Umgebung
 - Temperatur
- Teilchen mit Durchmessern unter ca. 10 μm 30 μm setzen sich innerhalb technisch sinnvoller Aufenthaltszeiten nicht ab (Sedimentation). zB.:
 - Mikroflocken aus Belebtschlamm
 - Freie Bakterien
 - Kolloide
- Überführen von kleinen Partikeln in Große notwendig für Sedimentation in NKB
- Flockung / Makroflockenbildung wichtig

Flockenbildung



- Dispergierte Stoffen haben negative elektrische Ladung der Oberfläche, die meistens dadurch entsteht, dass Kationen (zB H+) aus den anorganischen oder organischen Stoffen in die umgebende Lösung dissoziieren.
- Die negative Teilchenladung verhindert eine Annäherung der Teilchen.
- Man bezeichnet ein derartiges System als "kolloidal stabil", da die elektrostatischen Abstoßungskräfte die Anziehung durch van-der-Waals-Kräfte überwiegen.
- Bei der Flockung wird die Abstoßung durch geeignete Chemikalien soweit herabgesetzt, dass abtrennbare Flocken entstehen.

Flockenbildung



- Bei der Flockung werden zwei Prozesse unterschieden:
 - Entstabilisierung
 - Flockenbildung
- Entstabilisierung
 - In der Entstabilisierungsphase wird durch Zugabe von Flockungsmitteln das stabile kolloidale System mit seinen gelösten, nichtsedimentierbaren Inhaltsstoffen gestört.
- Flockenbildung
 - Nach der Entstabilisierung kommen die Teilchen in so engen Kontakt kommen, dass Flockenbildung entstehen.



- Generell sind Flockungshilfsmittel Chemikalien, die zur Vergrößerung der Flocken beitragen sollen, um die Abtrennung der Flocken durch Filtration bzw.
 Sedimentation zu verbessern.
- Sie stören ein "stabiles" System aus kolloidalen, dispersen Suspensionen bzw. Lösungen, es können sichtbare, sedimentierbare Flocken entstehen.



Flockungshilfsmittel sind meist

- Organische,
- hochmolekulare und
- wasserlösliche
- Polymere
- synthetischer oder natürlicher Herkunft.
- Auch Verbindungen auf Metall-Basis (zB. Polyaluminium) wirken als Flockungshilfsmittel.
- Sie tragen viele Ladungen und sind daher Polyelektrolyte.
- Polyelektrolyte sind wasserlösliche Verbindungen mit großer Kettenlänge (Polymere), die kationische (Polybasen) oder anionische (Polysäuren) Gruppen tragen.



- Flockungshilfsmittel werden unterschieden nach ihren Eigenschaften:
 - Art der geladenen Gruppen
 - kationisch (stark/schwach)
 - anionisch (stark/schwach)
 - Molekülstruktur
 - niedermolekulare Polyelektrolyte
 haben eine Molare Masse bis zu 100.000 g•mol-1 und sind
 wässrig bis leicht viskos
 - hochmolekulare Polyelektrolyte bis über 10 Millionen g/mol, die Molekülkette kann eine Länge von über 15 µm erreichen. Bereits in einer Konzentration von 0,1 % extrem viskos.

Beispiel:

 Ein bekanntes Beispiel stellt Polyacrylamid dar, das aus Acrylamid Monomeren hergestellt wird

$$\begin{bmatrix} CH_2 - CH \\ \\ H_2N & C \\ \end{bmatrix}_n$$

- Acrylamid-Acrylsäure-Copolymere, bei denen
 - im Acrylamid Monomer die

 NH₂ Gruppe durch ein –O (Acrylsäure)
 ersetzt ist sind Beispiele für anionische
 Polyelektrolyte.

 Als kationische Polyacrylamide werden z.B. Modifikationen eingesetzt, die quaternäre Ammoniumverbindungen enthalten

Diskussion – Verbot von Polyacrylaten



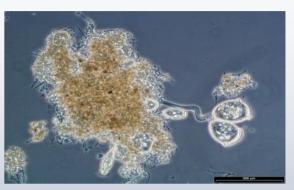
Wirkweise - Grundsätzliches

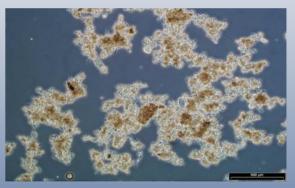
- Belebtschlammflocken haben geringfügig höhere
 Dichte als Wasser, sodass sie in beruhigten Zonen im Wasser absinken, also sedimentieren.
- Die Flocken weisen eine negative Oberflächenladung auf.
- Dadurch kommt es zu einer gegenseitig Abstoßung der Flocken.
- Überwiegt die Schwerkraft die elektrostatischen Kräfte, die für die gegenseitige Abstoßung verantwortlich sind, so kommt es zum Absinken.
- Würde die Oberflächenladung und die daraus resultierende Abstoßung die Schwerkraft überwiegen, so würden die Flocken in Schwebe bleiben.

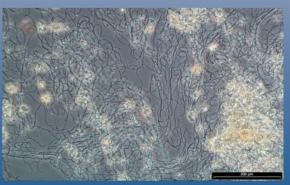


Wirkweise – Grundsätzliches

- Je kompakter eine Flocke, umso höher die Dichteunterschiede zwischen Wasser und Flocke, desto geringer ist die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen und umso geringer die Abstoßung der einzelnen Flocken.
- Je kleiner und lockerer die Flocke, umso mehr überwiegen die Oberflächenphänomene und somit die Abstoßung, was einem Sedimentieren entgegenwirkt.
- Mikroskopische Flockenstruktur von
 - "kompakte Flocke" (rechts oben) über
 - "lockere Flocke" (rechts Mitte) zum
 - "Blähschlamm" (rechts unten)







N. Kreuzinger - KAN Sprechertagung 2008



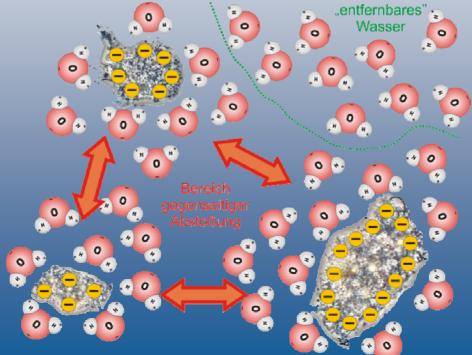
Wirkweise

- Um die Absetzeigenschaften des Schlammes zu verbessern gibt es somit mehrere Absatzpunkte:
 - 1. Die Flocke "schwerer" zu machen
 - 2. Die Flocke "kompakter" zu gestalten, um ein günstigeres Oberfläche-Volumen Verhältnis zu erreichen
 - 3. Die Oberflächenladung der Flocke zu kompensieren, sodass es zu einer Verminderung der gegenseitigen Abstoßung der Flocken kommt
- Die drei Punkte lassen sich jedoch praktisch nicht voneinander trennen.



Wirkweise - Veranschaulichung

- Ohne Zusatz eines Flockungshilfsmittels
 - Die negativ geladenen Belebtschlammflocken bilden eine Hydrathülle aus geordneten Wassermolekülen aus und
 - stoßen sich auf Grund der gleichen Oberflächenladungen gegenseitig ab.
 - Nur das außerhalb des Ladungseinflusses liegende Wasser kann beim Sedimentieren oder bei der Schlammentwässerung entfernt werden





Wirkweise - Veranschaulichung

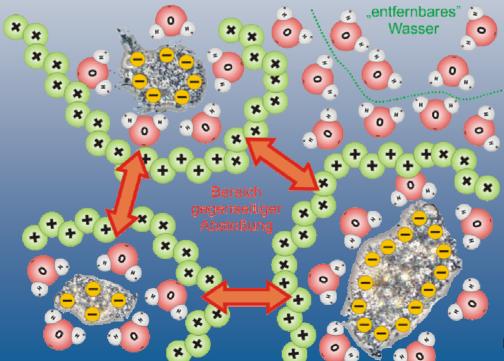
- Zugabe eines kationischen Flockungshilfsmittels
 - FHM lagert sich an die negativen Flocken.
 - Sie kompensieren somit die gleichen Oberflächenladungen und
 - führen zu einer Vernetzung der Flocken, indem sie sich nicht nur an eine Flocke anlagern, sondern auf Grund der positiven Ladung auch andere Flocken anziehen.





Wirkweise - Veranschaulichung

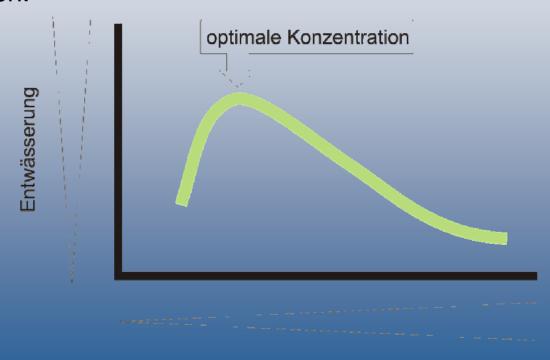
- Überdosierung eines kationischen Flockungshilfsmittels (oder schlechte Einmischung)
 - Bei Überdosierung kehrt sich der Effekt der FHM um und
 - es kommt wieder zu einer Abstoßung der Flocken, zur Ausbildung einer Hydrathülle und zur Verminderung des Anteils an entfernbarem Wasser





Dosierung

 Für jeden Schlamm und eigentlich für alle Betriebsbedingungen und Anwendungsfälle muss somit vor der Anwendung die optimale FHM-Menge, die eingesetzt werden soll bestimmt werden.



Demonstrationsversuch



Entstabilisierungsvorgänge und Flockenbildung

a) b) c)



- Flockenbildung beim Absetzen von Belebtschlamm
 - a) Entstabilisierungsphase unmittelbar nach Beginn des Absetzversuchs
 - b) Beginn der Flockenbildung (Makroflocken)
 - c) Detailvergrößerung von b) (Flocken und Klarwasserbereiche dazwischen)

Demonstrationsversuch



a) b) c)



- "Klarwasserzone" über dem abgesetzten Schlamm
- a) Versuch mit Flockungshilfsmittel (FHM)
- b) Versuch ohne Flockungshilfsmittel (FHM)
- c) Versuch nachträgliche Zugabe von FHM

Demonstrationsversuch



a) b) c)







Schlammzone aus den Absetzversuchen

- a) Versuch mit Flockungshilfsmittel (FHM)
- b) Versuch ohne Flockungshilfsmittel (FHM)
- c) Versuch nachträgliche Zugabe von FHM

Dosierung



- Bei der Flockenbildung wirken sehr geringe Kräfte (Anziehung bzw. Abstoßung)
- Kleine Unterschiede können eine große Rolle spielen
- Optimale Einstellung ist im Versuch zu ermitteln
 - Wahl des FHM
 - Einmischung
 - Dosiermenge
- "typische" Dosiermengen
 - 5-10 g / kg TS bei Schlammeindickung bzw. -entwässerung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Norbert Kreuzinger

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU – Wien

Karlsplatz 13/226 1040 Wien

norbkreu@iwag.tuwien.ac.at