

Leitfaden Nr. 2-5

Betrieb von Abwasseranlagen; Ermittlung des Schlammalters

Stand: 2/2011

Allgemeines

Das Schlammalter t_{TS} ist die mittlere Aufenthaltszeit einer Belebtschlammflocke im Belebungsbecken. Deshalb ist das Schlammalter für die Bemessung und den Betrieb von Belebungsanlagen eine wichtige Größe. Bei einstufigen Belebungsanlagen wird zwischen Anlagen mit Nitrifikation, Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation und Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung unterschieden, für die unterschiedliche Schlammalter bei der Bemessung vorgegeben werden. Diese sind im Betrieb mindestens einzuhalten. Auch die Ausbaugröße und die Bemessungstemperatur sind zu beachten (siehe Seite 3). Um im Betrieb der Kläranlage die nach der Bemessung vorgegebenen Reinigungsziele zu erreichen ist es notwendig, das Schlammalter regelmäßig zu überprüfen.

Berechnung des Schlammalters

Die Schlammproduktion ändert sich je nach Höhe der zufließenden Schmutzfracht. Dementsprechend steigt bzw. fällt die Konzentration der Trockensubstanz (TS) im Belebungsbecken bei konstantem Schlammabzug. Um die TS-Konzentration im Belebungsbecken konstant halten zu können, ist die Menge des täglichen Überschussschlammabzugs anzupassen.

Aufgrund der schwankenden Trockensubstanzgehalte sollte die Bestimmung der Parameter, die zur Errechnung des Schlammalters erforderlich sind, über den Zeitraum einer Woche erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass in dieser Zeit an der Kläranlage möglichst konstante Prozessbedingungen herrschen. Bei Kläranlagen mit annähernd gleichmäßigen Zulaufbelastungen und stabilen Betriebsverhältnissen ist es sinnvoll, das Schlammalter mit einer monatlichen Häufigkeit zu bestimmen.

Bei der Berechnung wird die im Belebungsbecken vorhandene TS-Masse [kg] durch die täglich abgehende TS-Masse [kg/d] geteilt, die sich aus dem abgezogenen Überschussschlamm und dem Schwebstoffgehalt im Ablauf der Nachklärung zusammensetzt.

$$\text{Schlammalter } t_{TS} = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{Q_{\text{ÜS,d}} \cdot TS_{\text{ÜS}} + Q_d \cdot X_{TS,AN}} \quad [\text{d}]$$

Volumen des Belebungsbeckens

Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken (ggf. Wochenmittel)

Trockensubstanzgehalt im Überschussschlamm (ggf. Wochenmittel)

Täglicher Überschussschlammabzug (ggf. Wochenmittel)

Abfiltrierbare Stoffe im Ablauf Nachklärung (ggf. Wochenmittel)

Täglicher Abwasserzufluss/-abfluss (ggf. Wochenmittel)

V_{BB} [m³]

TS_{BB} [kg/m³]

$TS_{\text{ÜS}}$ [kg/m³]

$Q_{\text{ÜS,d}}$ [m³/d]

$X_{TS,AN}$ [kg/m³]

Q_d [m³/d]

Hinweise für die Praxis zur Ermittlung des Schlammanfalles

Bei kleineren Belebungsanlagen werden die in der Formel angegebenen Größen, wie

- täglich abgezogenes Volumen des Überschussschlammes $Q_{\text{ÜS,d}}$ [m^3/d],
- Trockensubstanzgehalt des entnommenen Schlammes $TS_{\text{ÜS}}$ [kg/m^3] und
- abfiltrierbare Stoffe im Ablauf der Nachklärung TS_{AN} [kg/m^3]

häufig nicht bestimmt. Deshalb werden folgende Hilfestellungen gegeben:

1. Abfiltrierbare Stoffe im Ablauf $X_{\text{TS,AN}}$

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe ist oft nicht Bestandteil der regelmäßigen Eigenüberwachung. Auf eine Berücksichtigung bei der Berechnung des Schlammalters kann aber nur dann verzichtet werden, wenn der Anteil der abfiltrierbaren Stoffe am Gesamtschlammabzug kleiner

5 % ist. Dies ist bei stabilen Verhältnissen (Schlammindex $< 150 \text{ ml/gTS}$) auch meist der Fall. Bei Schlammabtrieb allerdings ist die Bestimmung erforderlich.

2. Täglicher Überschussschlammabzug $Q_{\text{ÜS,d}}$

Entsprechend der örtlichen Situation gestaltet sich die Berechnung wie folgt:

Fall 1: *Größere Anlagen*: Kontinuierlicher Schlammabzug (ÜS-Schlammpumpe läuft ständig). Der Durchfluss wird variiert mittels polumschaltbarem oder drehzahlgesteuertem Motor. Ein MID mit Tagessummenzähler ist vorhanden, $Q_{\text{ÜS,d}}$ kann abgelesen werden.

Fall 2: *Kleinere Anlagen*: Schlamm wird diskontinuierlich abgezogen. Die ÜS-Schlammpumpe ist zeitgeschaltet: z.B. 10 Minuten Laufzeit innerhalb 2 Stunden. Der Förderstrom der Pumpe ist nicht bekannt und die Nennleistung kann zur Berechnung nicht verwendet werden, da der Druckverlust durch Rohrreibung, Schieber, Krümmer und Viskosität nicht ausreichend genau ermittelt werden kann.

Der Förderstrom muss von Zeit zu Zeit neu bestimmt werden: bei laufender Pumpe wird gemessen, wie weit sich in einem Behälter (z. B. Schlammeindicker) der Wasserspiegel in einer vorgegebenen Zeit (z.B. 10 Minuten) erhöht hat. Zuflüsse müssen dabei kurzfristig abgesperrt/abgeschaltet werden. Aus der Oberfläche des Behälters und dem Ansteigen [m] pro Zeiteinheit ergibt sich der Förderstrom. Aus der Laufzeit pro Tag, die sich beispielweise aus $12 \cdot \text{mal } 10 \text{ Minuten}$ ergibt und dem Förderstrom der Pumpe errechnet sich das täglich abgezogene Volumen des Schlammes.

Fall 3: *Kleinere Anlagen*: Die Anlage verfügt über einen Schlammeindicker, wobei dieser nach jeweils 2 bis 3 Tagen in den Schlammstapelbehälter entleert wird. Das Volumen des Eindickers kann aus Länge, Breite, Tiefe bestimmt werden. Damit ergibt sich das täglich abgezogene Volumen des Schlammes aus ($V_{\text{Eindicker}} / \text{Anzahl der Abzugstage}$), sofern kein Überstandswasser abgezogen wird.

In der Praxis kommen noch weitere Fälle vor, für die individuelle Lösungen gesucht werden müssen.

3. Bestimmung der Trockensubstanzgehalte $TS_{\text{ÜS}}$ und TS_{BB}

Bei kontinuierlichem Schlammabzug ist der $TS_{\text{ÜS}}$ -Gehalt mindestens zweimal täglich, z.B. vormittags und nachmittags zu bestimmen. Bei intermittierendem Schlammabzug ist jeweils eine bestimmte Zeit nach dem Einschalten der Pumpe (der im Rohr stehende Schlamm soll nicht erfasst werden) und kurz vor dem Abschalten der Pumpe, eine Schlammprobe zu ziehen. Die Proben können zu einer Mischprobe vereinigt werden. Dieser Vorgang ist gegebenenfalls zweimal täglich durchzuführen. Der TS-Gehalt im bzw. in den Belebungsbecken [TS_{BB}] ist ebenfalls zweimal täglich zu bestimmen. Aus den erhaltenen Werten werden Tagesmittel gebildet.

Eintragungen in das Betriebstagebuch

Sämtliche Änderungen die den Schlammabzug beeinflussen sind zu registrieren. Dies betrifft z.B. Änderungen der Pumpenlaufzeit an der Zeitschaltuhr, eine zeitweise Erhöhung des Durchflusses durch Polumschaltung/Drehzahländerung, die Dauer des erhöhten Durchflusses.

Schlammalter

In Abhängigkeit von der Verfahrenstechnik werden folgende Schlammalter empfohlen:

1. Ausbaugröße bis 20.000 EW (BSB₅-Fracht ≤ 1.200 kg/d)

- ohne Nitrifikation: 5 Tage
- mit Nitrifikation: 10 / 8,2 Tage (Temperatur 10 / 12 °C) ¹
- mit Stickstoffelimination abhängig vom Volumenverhältnis Denitrifikation/Belebung:
 - $V_D/V_{BB} = 0,2$ 12,5 / 10,3 Tage
 - 0,3 14,3 / 11,7 Tage
 - 0,4 16,7 / 13,7 Tage
 - 0,5 20,0 / 16,4 Tage
- Schlammstabilisierung einschließlich Stickstoffelimination: 25 Tage

2. Ausbaugröße über 100.000 EW (BSB₅-Fracht >6.000 kg/d)

- ohne Nitrifikation: 4 Tage
- mit Nitrifikation: 8 / 6,6 Tage (Temperatur 10 / 12 °C) *
- mit Stickstoffelimination abhängig vom Volumenverhältnis Denitrifikation/Belebung:
 - $V_D/V_{BB} = 0,2$ 10,0 / 8,3 Tage
 - 0,3 11,4 / 9,4 Tage
 - 0,4 13,3 / 11,0 Tage
 - 0,5 16,0 / 13,2 Tage
- Schlammstabilisierung einschließlich Stickstoffelimination: nicht empfohlen

Zwischenwerte von 20.000 bis 100.000 EW sind abzuschätzen.

Bei intermittierender und alternierender Denitrifikation sind die mittleren Nitrifikations- und Denitrifikationszeiten anzusetzen: $V_D/V_{BB} = t_D/(t_D+t_N)$.

Die Kurzzeichen bedeuten:

- V_{BB} = Volumen des Belebungsbeckens [m³]
- V_D = Volumen des Belebungsbeckens das für die Denitrifikation genutzt wird [m³]
- t_D = Dauer der Denitrifikationsphase bei intermittierenden Verfahren [h/d]
- t_N = Dauer der Nitrifikationsphase bei intermittierenden Verfahren [h/d]

¹ Die Bemessungstemperatur für Nitrifikation bzw. Stickstoffelimination ist 12 °C im Einklang mit den Anforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung. Bei Temperaturen im Ablauf des Belebungsbeckens <12 °C wird die Bemessungstemperatur um 2 ° auf 10 °C vermindert, wobei sich ein höheres erforderliches Schlammalter ergibt.