

Leitfaden Nr. 2-5

Betrieb von Abwasseranlagen; Ermittlung des Schlammalters

Stand: 02/2024

Allgemeines

Das Schlammalter ist für die Bemessung und den Betrieb von Belebungsanlagen eine wichtige Größe. Bei einstufigen Belebungsanlagen kann man zwischen den Reinigungszielen Nitrifikation, Nitrifikation und Denitrifikation und aerobe Schlammstabilisierung unterscheiden, für die in Abhängigkeit von Ausbaugröße und Bemessungstemperatur unterschiedliche Schlammalter notwendig sind (siehe Seite 3). Im Rahmen der Eigenüberwachung ist es sinnvoll, das Schlammalter regelmäßig zu überprüfen.

Berechnung des Schlammalters

Das sog. Schlammalter beschreibt die durchschnittliche, rechnerische Aufenthaltszeit eines Partikels im Belebungsbecken und wird in der Einheit „Tage“ beschrieben. Maßgeblich bestimmt wird der Wert im Betrieb durch die Schlammproduktion und den TS-Gehalt im Belebungsbecken.

Die Schlammproduktion ist von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der Höhe der zufließenden Schmutzfrachten (CSB, AFS) abhängig. Dementsprechend steigt bzw. fällt die Konzentration der Trockensubstanz (TS) im Belebungsbecken bei konstantem Schlammabzug.

Aufgrund der schwankenden Trockensubstanzgehalte sollte die Bestimmung der Parameter, die zur Errechnung des Schlammalters erforderlich sind, über einen Zeitraum mit möglichst konstanten Prozessbedingungen erfolgen. 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.

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

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] \triangleq [g/l]

$\text{TS}_{\text{ÜS}}$ [kg/m³] \triangleq [g/l]

$Q_{\text{ÜS,d}}$ [m³/d]

$X_{\text{TS,AN}}$ [kg/m³]

Q_{d} [m³/d]

Umrechnung von Einheiten:

Abfiltrierbare Stoffe werden oft in mg/l gemessen. Wird der gemessene Wert durch 1.000 geteilt, erhält man die Einheit kg/m³.

Hinweise für die Praxis zur Ermittlung des Schlammfalles

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

- täglich abgezogenes Volumen des Überschussschlammes $Q_{\ddot{U}S,d}$ [m³/d],
- Trockensubstanzgehalt des entnommenen Schlammes $TS_{\ddot{U}S}$ [kg/m³] und
- abfiltrierbare Stoffe im Ablauf der Nachklärung $X_{TS,AN}$ [kg/m³]

häufig nicht bestimmt. Deshalb werden folgende Hilfestellungen gegeben:

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

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe ist oft nicht Bestandteil der regelmäßigen Eigenüberwachung. Auf eine Berücksichtigung bei der Berechnung des Schlammalters kann verzichtet werden, wenn der Anteil der abfiltrierbaren Stoffe am Gesamtschlammabzug kleiner 5 % ist. Dies ist bei stabilen Verhältnissen (Schlammindex < 150 ml/g) auch meist der Fall.

Entsprechend kann die Formel zur Berechnung des Schlammalters auch ohne abfiltrierbare Stoffe und Ablaufmenge wie folgt vereinfacht dargestellt werden:

$$\text{Schlammalter } t_{TS} = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{Q_{\ddot{U}S,d} \cdot TS_{\ddot{U}S}} \quad [\text{d}]$$

Einheiten siehe oben.

Bei Schlammabtrieb kann der Anteil der abfiltrierbaren Stoffe bei der Bestimmung des Schlammalters jedoch nicht mehr vernachlässigt werden.

2. Täglicher Überschussschlammabzug $Q_{\ddot{U}S,d}$

Entsprechend der örtlichen Situation gestaltet sich die Berechnung wie folgt:

Fall 1: *Größere Anlagen:* Kontinuierlicher Schlammabzug (ÜS-Schlammpumpe läuft ständig). Der Durchfluss wird mittels polumschaltbarem oder drehzahlgesteuertem Motor variiert. Ein MID mit Tagessummenzähler ist vorhanden, $Q_{\ddot{U}S,d}$ 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-mal 10 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 oder die Dauer des erhöhten Durchflusses.

Schlammalter

In Abhängigkeit von Reinigungsziel, Größe der Anlage bzw. CSB-Zulaufkraft Belegung und der Abwassertemperatur kann man sich in Anlehnung an des DWA-Arbeitsblatt A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen an den Schlammaltern in der folgenden Tabelle orientieren. Die in der Tabelle angegebenen Werte sind Bemessungswerte, bei denen auch Sicherheiten enthalten sind. Betriebswerte können sich daher von den aufgezeigten Werten unterscheiden. Wird das angegebenen Schlammalter jedoch deutlich unterschritten, kann die Reinigungsleistung ggf. instabil werden. Wird das angegebenen Schlammalter deutlich überschritten, wird die Reinigungsleistung zwar grundsätzlich verbessert, gleichzeitig wird jedoch, durch die höheren TS_{BB} -Gehalten in der Belegung, die Belastung der Nachklärung erhöht. Bei zu hohen TS_{BB} -Gehalten besteht die Gefahr einer Überlastung der Nachklärung und von Schlammabtrieb. Hinzu kommt, dass mit zunehmenden TS_{BB} -Gehalt der Sauerstoffeintrag weniger energieeffizient erfolgt.

Reinigungsziel	Größe der Anlage $B_{d, \text{CSB}, Z}$					
	CSB-Fracht $\leq 2.400 \text{ kg/d}$ (Ausbaugröße bis 20.000 E)			CSB-Fracht $> 12.000 \text{ kg/d}$ (Ausbaugröße über 100.000 E)		
	10 °C ¹	12 °C	14 °C	10 °C	12 °C	14 °C
	Schlammalter in Tagen					
• mit Nitrifikation:	11,7	9,6	7,9	8,3	6,9	5,6
• mit Stickstoffelimination						
0,2	14,6	12,0	9,8	10,4	8,6	7,0
V_D/V_{BB} 0,3	16,7	13,7	11,3	11,9	9,8	8,0
0,4	19,5	16,0	13,1	13,9	11,4	9,4
0,5	23,3	19,2	15,8	16,7	13,7	11,3

¹ Entsprechend der Anforderungen der Abwasserverordnung gelten die Anforderungen für N_{ges} (Stickstoffelimination) bzw. $\text{NH}_4\text{-N}$ (Nitrifikation) nur bei Temperaturen über 12°C bzw. innerhalb des in der wasserrechtlichen Erlaubnis vorgegebenen Zeitraums (i.d.R. 1. Mai bis 31. Oktober). Die betrieblichen Möglichkeiten der Anlage für eine vollständige Nitrifikation sind jedoch ganzjährig auszuschöpfen.

• Schlammstabilisierung
einschl. Stickstoffelimination:

25,0

nicht relevant

Zwischenwerte von 20.000 bis 100.000 E können interpoliert werden.

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

Je höher das $V_D/V_{BB} = t_D/(t_D+t_N)$ - Verhältnis, desto größer muss das (Gesamt-)Schlammalter sein, um eine sichere Nitrifikation zu gewährleisten.

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]