

Leitfaden Nr. 2-3

Betrieb von Abwasseranlagen; Nachweis der aeroben Schlammstabilisierung

- Vereinfachter TTC-Test
- Messung der Atmungsaktivität

Stand: 02/2024

Allgemeines

Der Überschussschlamm wird in einer Kläranlage mit gemeinsamer Schlammstabilisierung, also einer Anlage ohne Faulbehälter üblicherweise so weit behandelt, dass er stabilisiert – d. h. weitgehend fäulnisunfähig – ist. Bei der Lagerung oder der Schlammbehandlung von unzureichend stabilisierten Klärschlämmen kann es zu Geruchsentwicklung kommen.

Als Parameter für die Betriebsüberwachung der Schlammstabilisierung wird das Schlammalter gemittelt über den Zeitraum der zurückliegenden 14 Tage empfohlen (siehe dazu Leitfaden Nr. 2-5, Ermittlung des Schlammalters). Zur Stabilisierung mit Nitrifikation ist ein aerobes Schlammalter von mindestens 20 d und bei gezielter Denitrifikation ein Gesamtschlammalter von mindestens 25 d erforderlich.

Im Rahmen der Eigenüberwachung eignen sich zudem folgende Betriebsmethoden um Veränderungen des Stabilisierungsgrades zu erkennen:

- der vereinfachte TTC-Test
- die Messung der O₂-Atmungsaktivität

Bei regelmäßiger Durchführung (z. B. wöchentliche Überprüfung) können Veränderungen im Betrieb der Anlage erkannt werden, die sich auf den Stabilisierungsgrad auswirken.

Auch die Bestimmung des Glühverlustes lässt eine grobe Aussage über den Verlauf der Schlammstabilisierung zu (siehe dazu Leitfaden Nr. 2-4, Glühverlust).

VEREINFACHTER TTC-TEST

Grundlagen

Eine Näherungsmethode für den Stabilisierungsgrad ist der vereinfachte TTC-Test. Er ist Bestandteil der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Da die Aktivität der Enzyme an das Vorhandensein lebender Bakterienzellen gebunden ist, kann anhand der fotometrisch messbaren Formazanproduktion der Stabilisierungsgrad eines Schlammes annähernd festgelegt werden.

Um in der Praxis einen Stabilisierungsgrad bestimmen zu können, wurde eine einfache Betriebsmethode entwickelt.

Geräteausstattung und Chemikalien

- Thermostatschrank, einstellbar auf 20 °C
- Messzylinder (100 und 200 ml)
- Reagenzgläser (10 bis 15 ml), verschließbar (auch leere Küvetten aus dem Küvettentest)
- Reagenzglasständer
- Sicherheitspipette (1 ml)
- 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC) max. 5 g, im Laborhandel erhältlich

Herstellung der TTC-Lösung:

0,5 g TTC in 100 ml destilliertem Wasser lösen. Die Lösung ist in einer braunen Glasflasche vor Licht geschützt maximal zwei Jahre haltbar.

Im Laborhandel werden für den Nachweis auch Fertigtests angeboten.

Arbeitsanleitung

1. Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) des Überschussschlammes (ÜS) bestimmen oder abschätzen ($\pm 20\%$).
2. 20 ml ÜS mit Abwasser aus der Nachklärung in einem Messzylinder auf einen TS-Gehalt von etwa 1 g/l verdünnen. Hierzu folgende Beispiele:
Bei einem TS-Gehalt von 4,5 g/l \rightarrow 20 ml Schlamm auf $20 \cdot 4,5 = 90$ ml verdünnen;
bei einem TS-Gehalt von 5,3 g/l \rightarrow 20 ml Schlamm auf $20 \cdot 5,3 = 106$ ml verdünnen.
3. Verdünnte Schlammprobe im Wasserbad auf etwa 20 °C erwärmen. 10 ml dieser Probe in ein Reagenzglas abfüllen, das mit 1 ml einer 0,5%igen TTC-Lösung gefüllt wurde. Zum Vergleich eine Blindprobe ohne TTC abfüllen.
4. Glas verschließen, Inhalt gut durchmischen und ggf. im Thermostatschrank auf eine Zimmertemperatur von 20 °C bringen; Die Temperatur darf maximal ± 2 °C vom Sollwert 20 °C abweichen, Lichteinfall ist zu vermeiden.
5. Nach 30 bis 60 Minuten Standzeit wird der Schlamm auf seine Rotfärbung überprüft.

Bewertung

Ist nach einer Stunde noch keine rötliche Färbung der Schlammflocken erkennbar, handelt es sich in der Regel um einen Schlamm, der die „technische aerobe Stabilisierungsgrenze“ erreicht hat. Bei unzureichend stabilisierten Schlämmen tritt oft schon nach 30 Minuten, spätestens aber nach 45 Minuten, eine deutlich erkennbare Rotfärbung ein.

MESSUNG DER ATMUNGSAKTIVITÄT

Grundlagen

Die Atmungsaktivität eines Belebtschlammes – häufig auch als Sauerstoffzehrung bezeichnet – wird durch die Geschwindigkeit der O_2 -Aufnahme der aktiven Biomasse bestimmt und ist eine genauere Methode zur Bestimmung des Stabilisierungsgrades. Sie ist im Wesentlichen von der Temperatur und vom Stabilisierungsgrad des Schlammes abhängig. Eine Zehrung durch Ammonium verfälscht das Messergebnis. Um dies zu unterbinden, wird bei der Bestimmung grundsätzlich N-Allylthioharnstoff (ATH) zugegeben.

Bei einer Temperatur von 20°C (bei dieser Temperatur wird die Messung durchgeführt) und einem TS-Gehalt von etwa 4 g/l gelten als Faustzahlen für die O_2 -Aufnahme (O_2 -Zehrung des Schlammes)

- $0,2$ bis $0,3\text{ mg } O_2/(l \cdot \text{min})$ für Anlagen mit Teilstabilisierung und
- $0,1$ bis $0,15\text{ mg } O_2/(l \cdot \text{min})$ für Anlagen mit ausreichender Stabilisierung.

Hieraus wird deutlich, dass schon während der Messung der O_2 -Zehrung bei ungefährem Kenntnis des TS-Gehaltes eine Aussage über den Stabilisierungsgrad getroffen werden kann.

Geräteausstattung und Chemikalien

- Karlsruher- oder Winkler-Flasche, Inhalt 200 bis 300 ml , (genaue Volumenangabe der Flasche nicht erforderlich). Flaschenhalsweite ist etwa der vorhandenen O_2 -Laborsonde anzupassen
- Sauerstoffmessgerät mit O_2 -Laborsonde
- Magnetrührgerät mit stufenlos regelbarer Drehzahl
- Magnetrührstäbe, Länge mindestens 30 mm
- 2 ml -Pipette
- Glühofen (wenn Glühverlust bzw. σTS bestimmt wird)
- N-Allylthioharnstoff (ATH) – Lösung $0,05\%$

Arbeitsanleitung

- Etwa $0,5\text{ l}$ Schlamm mit bekanntem TS-Gehalt aus dem Ablauf der Belegung im Wasserbad auf etwa 20°C erwärmen und zur O_2 -Anreicherung auf einen O_2 -Gehalt $> 6\text{ mg/l}$ 20 bis 30 Sekunden in einer 1 l -Flasche schütteln.
- Eine Winkler-Flasche mit $2\text{ ml } 0,05\%$ ige ATH-Lösung befüllen, mit dem belüfteten Schlamm bis zum Rand auffüllen und Magnetstäbchen einwerfen.
- Bei der Messung darf die Temperatur nicht mehr als $\pm 2^\circ\text{C}$ von der Solltemperatur 20°C abweichen. Flasche in ein Wasserbad stellen oder Messung in einem größeren Thermostatschrank durchführen.
- O_2 -Sonde des kalibrierten O_2 -Gerätes bis etwa zur Mitte der Flasche ohne Lufteinschluss einführen. Drehzahl am Rührgerät soweit erhöhen, dass eine für die Anströmung der Sonde erforderliche Turbulenz erreicht wird.
- Je nach Geschwindigkeit der O_2 -Zehrung muss die Zehrung in Abständen von 1 bis 3 Minuten abgelesen werden, die Werte sind in das Diagramm einzutragen. Die Aufzeichnungen können nach etwa 15 Minuten beendet werden, spätestens dann, wenn die O_2 -Konzentration den Wert $0,5\text{ mg/l}$ erreicht hat. Niedrigere Werte werden bei der Berechnung der Aktivität nicht berücksichtigt.

Berechnung der Atmungsaktivität des Schlammes:

Die Atmungsaktivität wird als O₂-Verbrauch von 1 kg TS pro Tag gemäß folgender Formel berechnet:

$$\frac{\text{O}_2\text{-Zehrung [mgO}_2\text{/(l}\cdot\text{min)]} \cdot 1440 \text{ min/d}}{\text{TS [g/l]}} = \text{Atmungsaktivität [gO}_2\text{/(kgTS}\cdot\text{d)]}$$

Beispiel

TS des Schlammes:	4,8	g/l
O ₂ -Konzentration zu Beginn der Aufzeichnungen:	4,1	mg/l
Abzgl. O ₂ -Konzentration nach 15 Minuten (Ende der Messung):	<u>1,5</u>	<u>mg/l</u>
Ergibt Zehrung in 15 Minuten:	2,6	mgO ₂ /l
geteilt durch 15 Minuten ergibt Zehrung pro Minute:	0,17	mgO ₂ /(l · min)

$$\frac{0,17 \text{ mgO}_2\text{/(l}\cdot\text{min)} \cdot 1440 \text{ min/d}}{4,8 \text{ g/l}} = 51 \text{ gO}_2\text{/(kg TS}\cdot\text{d)}$$

1440 ist Umrechnungsfaktor für die Zeitangabe Tag

Bewertung

Liegt die Atmungsaktivität unter 60 gO₂/(kg TS · d), handelt es sich in der Regel um einen ausreichend stabilisierten Schlamm.

Bei darüber liegenden Werten ist von einer Teilstabilisierung auszugehen.

Eine genauere Aussage kann getroffen werden, wenn die Aktivität auf den organischen Anteil (oTS) bezogen wird; hierfür ist der Glühverlust zu bestimmen. Für oTS gilt bei ausreichend stabilisierten Schlämmen ein Wert von ≤ 100 gO₂/(kg oTS · d).

Mit einer grafischen Darstellung kann die Aussagekraft der O₂-Zehrung verdeutlicht werden.

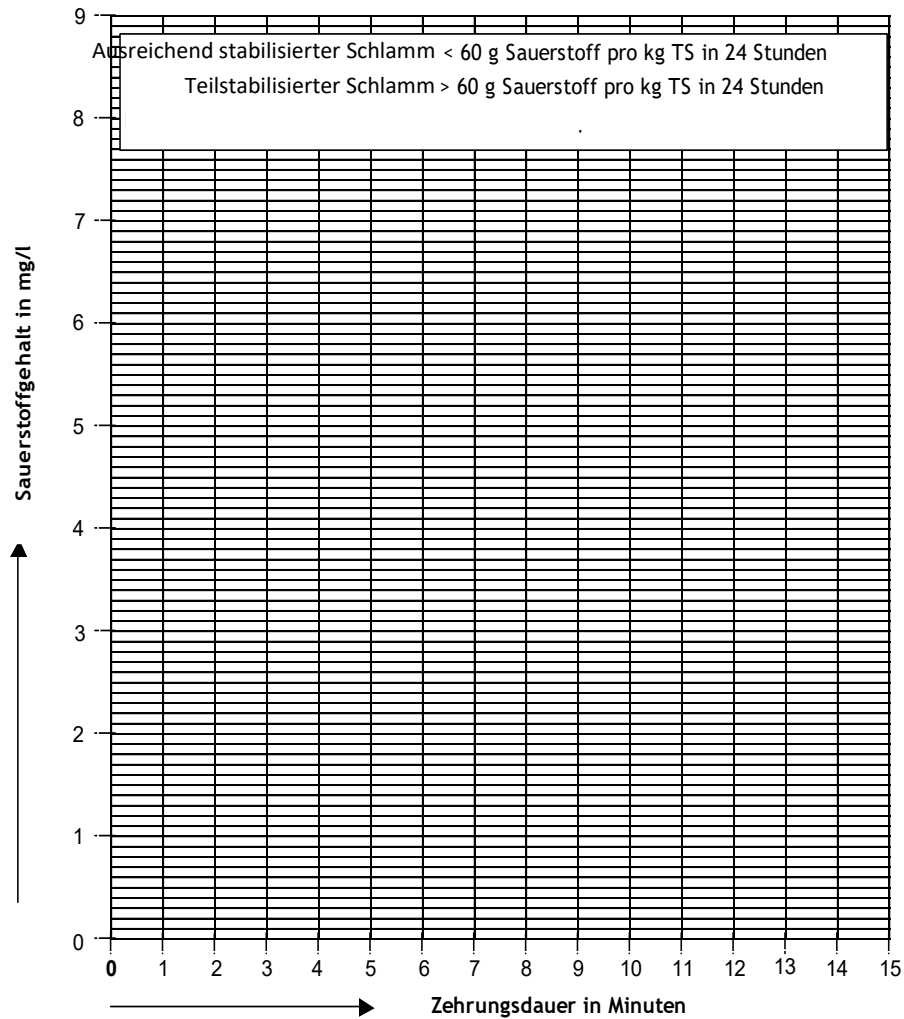


Bild: Diagramm Atmungsaktivität

Zehrungsmessungen					
Zeit in Min.	Messwertreihe				
	1	2	3	4	5
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Berechnung der Atmungsaktivität:

TS-Gehalt des Schlammes: _____ g/l

Sauerstoffzehrung pro Minute: _____ mg/(l · Min)

Der Tag hat 1440 Minuten

Sauerstoffzehrung am Tag pro kg TS: _____ g/(kg · d)

Beurteilung:

Der Schlamm ist _____