

Leitfaden Nr. 2-3

Friedenstraße 40
81671 München
Tel.: 089/233-6259-0
Fax.: 089/233-6259-5
E-Mail: info@dwa-bayern.de

Betrieb von Abwasseranlagen; Nachweis der aeroben Schlammstabilisierung

Stand: 2/2011

- Vereinfachter TTC-Test
- Messung der Atmungsaktivität

Allgemeines

In der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) ist für Anlagen mit gemeinsamer Schlammstabilisierung ab 5.000 EW Ausbaugröße der Nachweis des Stabilisierungsgrades vorgeschrieben. Um rechtzeitig eine unzureichende Stabilisierung des Überschussschlammes zu erkennen, ist eine monatliche Überprüfung notwendig.

Ein gewisser Anhaltspunkt für den Stabilisierungsgrad ist die Geruchsentwicklung bei der Zwischenlagerung in Stapelräumen oder Schlammsilos. Ein ausreichend stabilisierter Schlamm ist auch bei längerer Lagerzeit und hohen Außentemperaturen – im Gegensatz zu teilstabilisiertem Schlamm – nahezu geruchsfrei.

Im Rahmen der Eigenüberwachung eignen sich folgende Betriebsmethoden für einen schnellen Nachweis des Stabilisierungsgrades:

- der vereinfachte TTC-Test als gute Näherungsmethode
- die Messung der O₂-Atmungsaktivität als exaktere Methode

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

VEREINFACHTER TTC-TEST

Grundlagen

Als Testreagenz dient bei dieser Methode 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC), das durch Dehydrogenasen (Enzyme) zu dem roten Farbstoff Formazan reduziert wird. Mit der fotometrisch messbaren Formazanproduktion (bei stabilisierten Schlämmen sehr gering) kann eine zuverlässige Aussage über den Stabilisierungsgrad getroffen werden.

Als Betriebsmethode ist das fotometrische Verfahren allerdings zu aufwändig. Es reicht in der Regel der hier beschriebene vereinfachte Test aus.

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 Schlammes bestimmen oder abschätzen ($\pm 20\%$).
2. 20 ml Schlamm 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.
 Glas verschließen, Inhalt gut durchmischen und ggf. im Thermostatschrank auf eine Temperatur von $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ bringen; Lichteinfall ist zu vermeiden.
4. Nach 30, 45 und 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. 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 -Zehrung des Schlammes

- 0,2 bis 0,3 mg/(l · min) für Anlagen mit Teilstabilisierung und
- 0,1 bis 0,15 mg/(l · 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

- Winkler-Flaschen oder „Karlsruher Flasche“, Inhalt 200 bis 300 ml, (genaue Volumen-angabe der Flasche nicht erforderlich), Flaschenhalsweite in etwa der O₂-Laborsonde angepasst
- Sauerstoffmessgerät mit O₂-Laborsonde, möglichst mit digitaler Anzeige
- Magnetrührgerät mit stufenlos regelbarer Drehzahl, möglichst mit 12V-Betrieb (dafür ist ein Adapter erforderlich)
- Magnetrührstäbe, Länge mindestens 30 mm; z.B. Rührstäbe der BSB₅-Geräte
- 2 ml-Pipette
- Muffelofen, wenn der Glühverlust bzw. oTS bestimmt werden soll

Arbeitsanleitung

- Etwa 0,5 l Schlamm mit bekanntem TS-Gehalt aus dem Ablauf der Belebung im Wasserbad auf etwa 20°C erwärmen und zur O₂-Anreicherung auf über 6 mg/l mindestens 20 bis 30 Sekunden in einer 1 l-Flasche schütteln.
- Eine Winkler-Flasche mit 2 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 ±2°C von der Solltemperatur 20°C abweichen. Flasche in ein Wasserbad stellen oder Messung in einem größeren Thermostatschrank durchführen. Gegebenenfalls ist auch das Magnetrührwerk eines BSB₅-Gerätes zur Turbulenzerzeugung geeignet.
- O₂-Sonde des kalibrierten O₂-Gerätes bis etwa zur Mitte der Flasche ohne Luftein-schluss einführen. Drehzahl am Rührgerät soweit erhöhen, dass eine für die Anströmung der Sonde erforderliche Turbulenz erreicht wird.
- Je nach Geschwindigkeit der O₂-Zehrung muss die Zehrung in Abständen von 1 bis 3 Minuten registriert werden. Die Aufzeichnungen können nach etwa 15 Minuten beendet werden, spätestens dann, wenn die O₂-Konzentration den Wert 0,5 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 berechnet:

$$\frac{O_2 - \text{Zehrung} [\text{mg}/(\text{l} \cdot \text{min})] \cdot 1440 \text{ min}/\text{d}}{\text{TS} [\text{g}/\text{l}]} = \text{Atmungsaktivität} [\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$$

1440 ist Umrechnungsfaktor für die Zeitangabe Tag

Beispiel

TS des Schlammes: 4,8 g/l

O₂-Konzentration zu Beginn: 4,1 mg/l

O₂-Konzentration nach 15 Minuten: 1,5 mg/l

somit: 4,1 mg/l – 1,5 mg/l = 2,6 mg/l in 15 Minuten;

deshalb: O₂-Zehrung = 2,6 mg/l : 15 min = 0,173 mg/(l · min)

$$\frac{0,173 \text{ mg}/(\text{l} \cdot \text{min}) \cdot 1440 \text{ min}/\text{d}}{4,8 \text{ g}/\text{l}} = 52 \text{ g}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

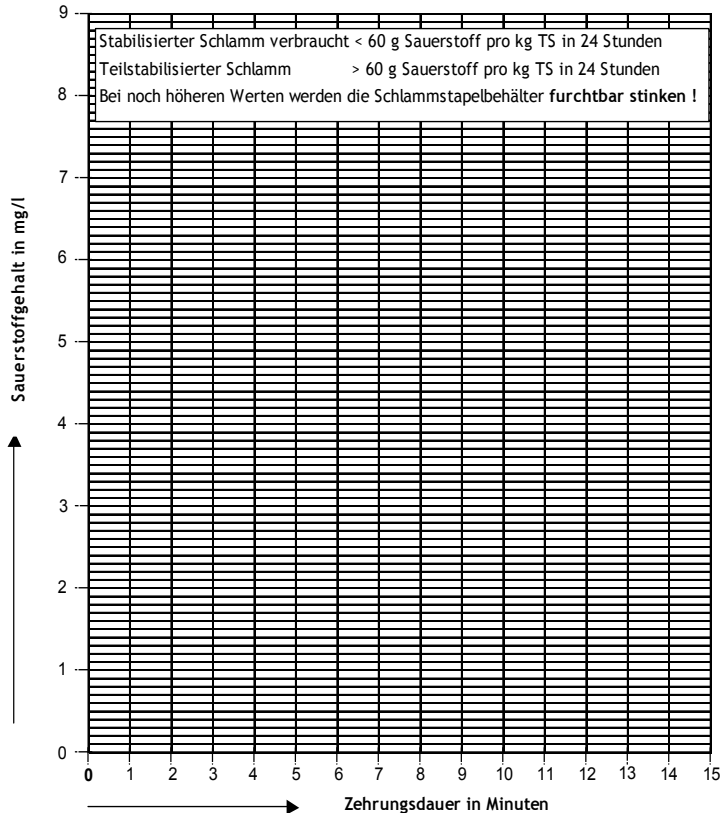
Bewertung

Liegt die Atmungsaktivität unter 60 g/(kg·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 g/(kg·d).

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



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 _____