

DIN EN 12255-8



ICS 13.060.30

Einsprüche bis 2022-04-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12255-8:2001-10

Entwurf

**Kläranlagen –
Teil 8: Schlammbehandlung und -lagerung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12255-8:2022**

Wastewater treatment plants –
Part 8: Sludge treatment and storage;
German and English version prEN 12255-8:2022

Stations d'épuration –
Partie 8: Stockage et traitement des boues;
Version allemande et anglaise prEN 12255-8:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-02-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 91 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-8:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-05-36 AA „Kläranlagen (CEN/TC 165/WG 40)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12255-8:2001-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm redaktionell überarbeitet;
- b) die Norm an den aktuellen Stand der Technik angepasst;
- c) die Norm in allen Abschnitten grundlegend überarbeitet und ergänzt.

Kläranlagen – Teil 8: Schlammbehandlung und –lagerung

Wastewater treatment plants – Part 8: Sludge treatment and storage

Stations d'épuration – Partie 8: Stockage et traitement des boues

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Planung	8
6 Prozesse	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Schlammkonditionierung	9
6.2.1 Überblick	9
6.2.2 Verwendung von Polymeren	9
6.2.3 Polymerlagerung und -verteilung	11
6.3 Schlammeindickung	11
6.3.1 Auswahl des Verfahrens	11
6.3.2 Statische Eindickung	12
6.3.3 Maschinelle Eindickung	13
6.3.4 Entspannungsflotation	13
6.3.5 Überblick über die Eindickungssysteme	15
6.4 Desinfektion	15
6.4.1 Allgemeines	15
6.4.2 Thermische Desinfektion	16
6.4.3 Chemische Desinfektion	16
6.4.4 Andere Verfahren	17
6.4.5 Verifizierung der erfolgreichen Desinfektion	17
6.5 Schlammvorbehandlung vor der biologischen Schlammstabilisierung	17
6.6 Biologische Schlammstabilisierung	18
6.6.1 Allgemeines und Anforderungen an die Stabilisierung	18
6.6.2 Anaerobe Schlammstabilisierung	18
6.6.3 Aerobe Schlammstabilisierung	24
6.6.4 Schlammkompostierung	25
6.6.5 Pseudostabilisierung	25
6.7 Schlammmentwässerung	26
6.7.1 Schlamm-trockenbeete	26
6.7.2 Mechanische Schlammmentwässerung	26
6.8 Schlamm-trocknung	29
6.8.1 Allgemeines	29
6.8.2 Band-trockner	30
6.8.3 Solare und zusätzlich beheizte solare Trockner:	31
6.9 Handhabung und Lagerung des Schlamms	33
6.9.1 Allgemeines	33
6.9.2 Lagerbehälter für Flüssigschlamm	33
6.9.3 Schlammteiche	33
6.9.4 Schlamm-lagerplätze für entwässerten Schlamm	33
6.9.5 Silos für entwässerten oder getrockneten Schlamm	34
7 Komponenten	34
7.1 Technische Nutzungsdauer	34
7.2 Schlammrohrleitungen	34
7.3 Schlamm-pumpen	34
8 Gesundheit und Sicherheit	35
Anhang A (informativ) Sonstige Leitlinien und Informationen	36

A.1	Prozesskontrollen	36
A.2	Schlammvorbehandlung vor der biologischen Schlammstabilisierung	36
A.2.1	Schlammintegration	36
A.2.2	Biologische Hydrolyse	39
A.2.3	Allgemeine Empfehlungen	39
A.3	Grundlegende Schlammeigenschaften	41
A.3.1	Allgemeines	41
A.3.2	Weitere Schlammeigenschaften	42
A.4	Verfahren zur Optimierung des Polymerverbrauchs	42
A.5	Verfahren für die Prognose der Entwässerungsleistung	42
	Literaturhinweise	44

Bilder

Bild 1	— Schematische Darstellung einer Kläranlage	5
Bild 2	— Zeit/Temperatur-Verhältnis nach Feachem [22] wie von Roediger [23] veröffentlicht	16

Tabellen

Tabelle 1	— Leistungsdaten von Eindickungssystemen (Quelle: DWA-M 381)	15
Tabelle 2	— Leistungsdaten Daten verschiedener Entwässerungsmaschinen (Quelle: DWA-M 366)	29
Tabelle A.1	— Überblick über Schlammintegrationungsverfahren (Quelle: DWA-M 302, bearbeitet)	38

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-8:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12255-8:2001 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

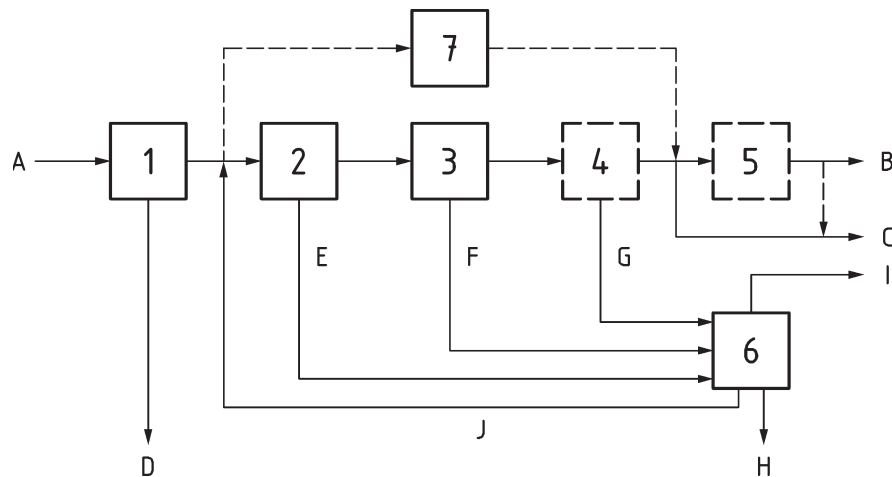
Es ist der achte von der Arbeitsgruppe CEN/TC 165/WG 40 erarbeitete Teil, der sich auf allgemeine Anforderungen und Verfahren für Kläranlagen für über 50 Einwohnerwerte (EW) bezieht. EN 12255 mit dem Haupttitel *Kläranlagen* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze
- Teil 2: Unwettermanagementsysteme
- Teil 3: Abwasservorreinigung
- Teil 4: Vorklärung
- Teil 5: Abwasserbehandlung in Teichen
- Teil 6: Belebungsverfahren
- Teil 7: Biofilmreaktoren
- Teil 8: Schlammbehandlung und -lagerung
- Teil 9: Geruchsminderung und Belüftung
- Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze
- Teil 11: Erforderliche allgemeine Angaben
- Teil 12: Steuerung und Automatisierung
- Teil 13: Chemische Behandlung — Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung
- Teil 14: Desinfektion
- Teil 15: Messung der Sauerstoffzufuhr in Reinwasser in Belüftungsbecken von Belebungsanlagen
- Teil 16: Abwasserfiltration

ANMERKUNG Zu Anforderungen an Pumpenanlagen in Kläranlagen siehe EN 752 und EN 16932 (alle Teile).

Einleitung

Die Unterschiede in Planung und Bau von Kläranlagen in Europa haben zu einer Vielzahl von Anlagen Ausführungen geführt. Dieses Dokument enthält grundsätzliche Angaben zu den Anlagen Ausführungen, legt jedoch nicht alle Einzelheiten jeder Ausführungsart fest. Nachfolgend ist die Auslegung einer typischen Kläranlage dargestellt:



Legende

- 1 Vorreinigung
- 2 Vorklärung
- 3 zweiter Reinigungsteil
- 4 dritter Reinigungsteil
- 5 weitergehende Behandlung (z. B. Desinfektion oder Entfernen von Mikroschadstoffen)
- 6 Schlammbehandlung
- 7 Abwasserteiche (als Alternative)
- A Rohabwasser
- B Abfluss zur Wiederverwendung (z. B. Bewässerung)
- C Abfluss aus der Kläranlage
- D Rechen- und Sandfanggut
- E Primärschlamm
- F Sekundärschlamm
- G Tertiärschlamm
- H Faulschlamm
- I Faulgas
- J Rückfluss aus der Entwässerung

Bild 1 — Schematische Darstellung einer Kläranlage

Die in den Literaturhinweisen aufgeführten Unterlagen enthalten Einzelheiten und Hinweise, die im Rahmen dieses Dokuments verwendet werden dürfen.

Vorrangig gilt dieses Dokument für Kläranlagen, die zur Behandlung von häuslichem und kommunalem Abwasser bestimmt sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Planungsgrundsätze und Leistungsanforderungen für Einrichtungen zur Behandlung und Lagerung von Schlamm in Kläranlagen für mehr als 50 EW fest.

Wo nötig werden Leitlinien für den Betrieb gegeben, um die Auslegung von Steuerung und Automatisierung zu erleichtern und den Zugang zu Betriebspositionen zu planen.

ANMERKUNG Andere Schlämme oder organische Abfälle dürfen gemeinsam mit kommunalem Klärschlamm behandelt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12255-1, *Kläranlagen — Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze*

EN 12255-9, *Kläranlagen — Teil 9: Geruchsminderung und Belüftung*

EN 12255-10, *Kläranlagen — Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

psychrophil

Prozessbedingungen für Mikroorganismen, die bei Temperaturen unter 30 °C aktiv sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Zusammenhang mit Abwasseranlagen ist der effektive Temperaturbereich hierfür größer als in einigen anderen Disziplinen angegeben.

3.2

mesophil

Prozessbedingungen für Mikroorganismen, die bei Temperaturen zwischen 30 °C und 45 °C aktiv sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Zusammenhang mit Abwasseranlagen ist die Mindesttemperatur hierfür größer als in einigen anderen Disziplinen angegeben.

3.3

thermophil

Prozessbedingungen für Mikroorganismen, die bei Temperaturen über 45 °C aktiv sind

3.4

Pseudo-Stabilisierung

Verfahren, das einen biologischen Abbau verhindert, solange bestimmte Bedingungen (z. B. pH-Wert oder Wassergehalt) eingehalten werden, wobei der biologische Abbau jedoch dann wieder beginnt, wenn diese Bedingungen nicht mehr eingehalten werden

3.5

Stammlösung

teilweise vorbereitetes Gemisch aus einer Chemikalie und Wasser in einem Zustand, der die Handhabung oder Verteilung erleichtert

4 Symbole und Abkürzungen

Abkürzungen

BSB ₅	biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
KWK	Kraft-Wärmekopplungsanlage
CO	Kohlenstoffmonoxid
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
d	Tag
DAF	Entspannungsflotation (en: dissolved air flotation)
DD	Desintegrationsgrad (in %) (en: degree of disintegration)
DS	getrocknete Feststoffe (en: dried solids)
EPS	exopolymere Substanzen
FOG	Fette und Öle (en: fat, oil and grease)
VS	flüchtige Feststoffe (en: volatile solids)
kWh _{el}	elektrische Arbeit in Kilowattstunden
kWh _{th}	Wärmearbeit in Kilowattstunden
MAP	Magnesiumammoniumphosphat (Struvit)
MSRT	mittlere Feststoffverweilzeit (en: mean solids residence time)
N	Stickstoff
NaOH	Natriumhydroxid
NI	Normliter (Liter bei Standardbedingungen, d. h. bei 0 °C und 1013 hPa)
NPSH	Haltedruckhöhe (en: net positive suction head)
SVI	Schlammvolumenindex (en: sludge volume index)
UV	ultraviolett (Licht)
WAS	abfallbelebter Schlamm (Überschussschlamm) (en: waste activated sludge)
WWTP	Kläranlage (en: waste water treatment plant)

Formelzeichen

$C_{Ac,eq}$	Konzentration flüchtiger organischer Säuren, berechnet als Acetat, in mg/l
$C_{CSB,0}$	CSB-Konzentrationen im Schlammwasser des unbehandelten Schlamms, in mg/l
$C_{CSB,1}$	CSB-Konzentrationen im Schlammwasser des behandelten Schlamms
$C_{CSB,R}$	Referenz-CSB-Konzentration (in mg/l)
DD	Desintegrationsgrad (in %) (en: degree of disintegration)
k_H	Hydrolyserate, in d ⁻¹
t_R	Verweilzeit, in d
T	Temperatur, in °C

η_{VS}	Quotient aus abgebauten flüchtigen Feststoffen und ursprünglich vorhandenen flüchtigen Feststoffen
$\eta_{Dis.CSB}$	CSB-Desintegrationsgrad

5 Planung

Die Schlammbehandlung und -lagerung beeinflussen die nachfolgende Schlammverwertung. Hierfür gilt möglicherweise eine Vielzahl von Vorschriften, je nach Ort der Kläranlage und vorgesehener Verwertung oder Entsorgung.

Die Wahl des Schlammbehandlungsverfahrens ist abhängig von der Größe der Kläranlage sowie der Art, Herkunft und den Eigenschaften des zu behandelnden Schlamms und der Art seiner endgültigen Verwertung und der Entsorgungswege sowie den zugehörigen Qualitätsanforderungen, z. B. Nährstoff- und Schadstoffgehalt, pathogene Mikroorganismen und Brennwert. Bevorzugte Verfahren sind solche, die mehr als eine Art der Schlammverwertung oder -entsorgung ermöglichen.

Eine zentralisierte Schlammbehandlung, die einen großen Bereich an Behandlungsverfahren ermöglicht, sollte in Betracht gezogen werden. Besonders zu beachten ist die höhere Rückbelastung z. B. durch Stickstoff, der in zentralisierten Anlagen aus dem Schlammwasser erzeugt wird. Am Ort des Schlammanfalls muss ausreichend Lagerkapazität für Rohschlamm bzw. behandelten Schlamm vorhanden sein, um unter allen vorhersehbaren Bedingungen einen Schlammüberlauf zu verhindern.

Die folgenden Punkte müssen bei der Planung der Schlammbehandlung beachtet werden:

- Schlammeigenschaften;
- mitzubehandelnde Schlämme und andere organische Abfälle;
- Art der Schlammverwertungs- und -entsorgungswege und entsprechende Qualitätsanforderungen, z. B. Nährstoff- und Schadstoffgehalt sowie Brennwert;
- geringster und größtmöglicher täglicher Schlammanfall (Volumen und Trockenmasse);
- zukünftiger Schlammanfall;
- Bereich der Feststoffkonzentration (gesamte und flüchtige Feststoffe);
- physikalische Eigenschaften (z. B. Viskosität und Temperatur);
- biologische Eigenschaften (Abbaubarkeit, Hemm- und Giftstoffe);
- aggressive oder korrosive Bedingungen;
- Wahrscheinlichkeit von Emissionen, einschließlich derjenigen von Gerüchen, Schadstoffen und Treibhausgasen (siehe auch EN 12255-9);
- Entfernung von Grobstoffen, die Verstopfungen oder andere Betriebsbeeinträchtigungen verursachen können, durch Sieben;
- Einflüsse abrasiver oder ablagerungsbildender Feststoffe, wie z. B. Sand;
- Wirkung der bei der Abwasserreinigung eingesetzten Zusatzstoffe (z. B. Fällungs-, Koagulations- und Floccungsmittel) und ihre Auswirkung auf die weitere Verwertung;

- Beeinträchtigung der Abwasserreinigung durch zurückgeführtes Schlammwasser, z. B. Frachtspitzen von Ammonium und Phosphor bei der Behandlung des Schlammes;
- Sicherheits- und Gesundheitsvorsorge für das Betriebspersonal und die Öffentlichkeit (siehe auch EN 12255-10), z. B. Vorsorge gegen Erzeugung einer giftigen und/oder explosionsfähigen Atmosphäre;
- Lärm;
- optische Erscheinung.

Die Planungsphase sollte die Bestimmung des Umfangs der Automatisierung der Anlagen umfassen (siehe EN 12255-12), da Systeme, die in erster Linie auf den automatischen Betrieb ausgelegt sind, sich von solchen unterscheiden, die ein manuelles Eingreifen erfordern. Alle Anlagen müssen jedoch Vorrichtungen für das manuelle Eingreifen haben, um den Betrieb auch bei einem Ausfall der Steuerung sicherzustellen.

6 Prozesse

6.1 Allgemeines

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um bei jeder Verfahrensstufe Probenahmen des zu- und abgeführten Schlammes zu ermöglichen (siehe EN ISO 5667-13).

Die Messung des Durchflusses durch jede einzelne Verfahrensstufe sollte in Betracht gezogen werden.

Bei der Planung müssen alle Anforderungen hinsichtlich der Verminderung von Geruch, Lärm, Erschütterungen und explosionsfähigen Atmosphären in Übereinstimmung mit EN 12255-9 und EN 12255-10 berücksichtigt werden.

6.2 Schlammkonditionierung

6.2.1 Überblick

Schlamm muss vor dem Eindicken und Entwässern konditioniert werden. Das am weitesten verbreitete Konditionierungsverfahren arbeitet mit Polymeren (in der Regel Polyacrylamide), es stehen jedoch auch natürliche Polymere (z. B. auf Basis von Chitin oder Kartoffelstärke) zur Verfügung, die hingegen weniger effektiv sind. Solche natürlichen Polymere haben den Vorteil einer leichten biologischen Abbaubarkeit.

Die Schlammkonditionierung lässt sich auch mit Kationen wie Eisen, Aluminium und Calcium erreichen, die eine Koagulation von Mikroflocken bewirken, indem sie die negativen Oberflächenladungen auf Partikeln ausgleichen. Solche Salze bewirken auch die Ausfällung von Phosphat während der Abwasserbehandlung. Die Agglomeration von Mikroflocken erfolgt in Abhängigkeit von den Scherkräften, die entstehenden Flocken sind jedoch instabil. Die Bildung großer und stabiler Flocken erfordert die Hinzufügung von Polymeren, die Polymerbrücken zwischen Partikeln bilden.

Sowohl eine Unter- als auch eine Überdosierung von Polymeren führt zu einer suboptimalen Eindickung und Entwässerung. Der optimale Bereich ist schmal.

6.2.2 Verwendung von Polymeren

Polymere lassen sich anhand der folgenden Eigenschaften unterscheiden:

- Konsistenz (körnig, Emulsion oder Dispersion);
- nichtionisch, kationisch oder anionisch (für die Schlammkonditionierung werden üblicherweise kationische und nichtionische verwendet);
- Ladungsdichte (üblicherweise zwischen 20 % und 70 %);

- relative Molekülmasse (üblicherweise zwischen 10^4 und 10^8 g/mol);
- Molekülstruktur (linear, verzweigt oder vernetzt);
- Massenanteil aktiver Inhaltsstoffe (etwa 95 % für körnige Produkte, 25 % bis 50 % für Emulsionen und etwa 30 % für Dispersionen).

Der Lagerraum für flüssige Polymerkonzentrate muss auf eine maximale Lagerzeit von 6 Monaten ausgelegt sein, weil die Wirksamkeit einiger Polymere bei längerer Lagerung abnimmt. Polymerstationen müssen so konfiguriert werden, dass sie das konzentrierte Polymer durch intensives Mischen in Verdünnungswasser auf eine Stammlösung von 0,5 % bis 1 % verdünnen. Polymerstationen müssen so ausgelegt sein, dass die Stammlösung nach der Herstellung vor der Verwendung mindestens 45 min reift und dass die Verweilzeit typischerweise zwischen 4 h und 6 h und höchstens 24 h beträgt. Stammlösungen müssen in undurchsichtigen Tanks aufbewahrt werden, da UV-Licht sie zersetzen kann.

Das Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser von kreisförmigen Behältern für die Herstellung der Stammlösung sollte $> 1,2$ sein. Die Mischleistung sollte je nach Form des Behälters und Konzentration der Stammlösung 1 kW/m^3 bis 3 kW/m^3 betragen. Für Stammlösungen mit einer Viskosität von bis zu 800 MPa sollte ein Mischer mit einem oder zwei axialen Propellern mit einem Durchmesser von jeweils bis zu 300 mm und einer Drehzahl von 300 min^{-1} bis $1\,000 \text{ min}^{-1}$ verwendet werden. Für Stammlösungen mit einer Viskosität von mehr als 800 MPa sollte ein sowohl axial als auch radial angetriebener Impeller mit einem Durchmesser von bis zu 700 mm und einer Drehzahl von bis zu 250 min^{-1} verwendet werden. Um hohe Scherkräfte zu vermeiden, wird ein Abstand zwischen Impeller und Behälterwand von 200 mm empfohlen. Um Wirbelbildung vorzubeugen sollte der Mischer nicht im Zentrum des Behälters angeordnet sein, oder es sollten die Rotation reduzierende Leitbleche vorgesehen werden.

Das Verdünnungswasser für die Herstellung der Stammlösungen sollte Trinkwasserqualität haben. Wird anderes Wasser verwendet, so müssen die Konzentrationen der enthaltenen Anionen (z. B. Chlorid, Nitrat und Sulfat) und Kationen (z. B. Eisen und Mangan) analysiert und mit den Polymerlieferanten besprochen werden, um die Eignung des Wassers festzustellen.

Die Dosierkonzentration der Polymere sollte zwischen 0,1 % und 0,4 % liegen, sodass ihre Viskosität reduziert und die Vermischung mit dem Schlamm verbessert wird. Für die Verdünnung darf der Kläranlagenabfluss verwendet werden. Für die Stammlösung und das Verdünnungswasser wird die Verwendung von zwei frequenzgeregelten Exzentrerschneckenpumpen empfohlen, und für die Mischung der beiden Ströme wird ein integrierter statischer Mischer empfohlen. Um die Dosierung und die Konzentration des Polymers zu kontrollieren, werden Durchflussmessgeräte für die Stammlösung und das Verdünnungswasser empfohlen.

Die effizientesten Einheiten, die sowohl für feste als auch für flüssige Polymere verwendet werden können, bestehen aus zwei Chargenbehältern: einem ersten für die Herstellung und das Reifen der Stammlösung und einem zweiten für ihre Aufbewahrung und Dosierung. Es gibt auch Einheiten mit einem einzigen Durchlaufbehälter mit drei Kammern. Bei diesen kann eine gewisse Kurzschlussströmung nicht verhindert werden, sodass die Reifungszeit nicht genau definiert ist.

Bei ausschließlicher Verwendung flüssiger Polymere können die Herstellungseinheiten kleiner sein, da die Reifungszeit von flüssigen Polymeren kürzer ist. Die Stammlösung kann in einem einzelnen Rührbehälter hergestellt werden, in dem das Polymerkonzentrat in Reinwasser gemischt wird. Danach wird die Stammlösung in einem integrierten Mischer verdünnt (siehe oben). Es wird jedoch die Bereitstellung eines Dosierbehälters oder zumindest eines für einen solchen Behälter vorgesehenen Platzes empfohlen, um eine zusätzliche Reifungszeit zu ermöglichen.

Polymerstationen müssen leicht zu reinigen sein, um dem Wachstum von Pilzen und anderen Mikroorganismen vorzubeugen.

Die verdünnte Dosierlösung muss schnell in den Schlamm gemischt werden, z. B. mit einem statischen oder dynamischen Mischer. Auch die Dosierung in die Saugseite einer Kreiselpumpe ist eine Option. Es wird empfohlen, für eine spätere Optimierung zwei oder drei Dosierstellen vorzusehen. Polymer wird häufig unmittelbar

vor Kreiselpumpen dosiert, da die Beschleunigung eine intensive Mischung bewirkt. Andererseits gibt es wenig Zeit für eine Flockenbildung. Eine vorherige Flockenbildung wäre unwirksam, da die Flocken durch die hohen Scherkräfte am Eingang der Kreiselpumpe beschädigt würden.

Mit hochwirksamen dynamischen Mischern können Stammlösungen mit einer Konzentration von bis zu 0,4 % ohne weitere Verdünnung direkt in den Schlamm gemischt werden. Zwar verbrauchen sie Energie, aber dafür weniger Polymer, und sie verbessern das Entwässerungsergebnis. Darüber hinaus ist die Polymerherstellungseinheit weniger komplex, und es wird weniger Verdünnungswasser benötigt. Dünnflüssige Polymerlösungen verdünnen sich im Schlamm stärker als dickflüssige. Außerdem muss das zusätzlich hinzugefügte Wasser während der Schlammentwässerung wieder entfernt werden.

Nach dem Mischen sollte der konditionierte Schlamm einer sanften Scherung ausgesetzt werden, um für eine gute Flockenbildung zu sorgen. Dies kann durch sanftes Rühren in einem Behälter oder einem Röhrenreaktor erfolgen.

Anforderungen an den Betrieb:

- der Betrieb von Eindickungs- oder Entwässerungsmaschinen sollte enden, wenn der Vorrat an Stammlösung aufgebraucht ist, weil unverbrauchte Stammlösung wirkungslos wird;
- Polymerstationen müssen so ausgelegt sein, dass die Stammlösung mindestens 45 min reift, um eine maximale Wirksamkeit des Polymers sicherzustellen;
- einfache Becherglasversuche geben Anhaltspunkte für die Wirksamkeit verschiedener Arten von Polymeren. Laborzentrifugen- oder Filterversuche liefern Informationen über die optimalen Eindickungs- oder Entwässerungsergebnisse. Es muss erwogen werden, ob solche Prüfgeräte im Labor der Anlage bereitgestellt werden sollten;
- die Kosten, je nach Polymerdosierung und Entwässerungsergebnissen, sollten berechnet werden. Dabei müssen die Kosten für den Transport und die Entsorgung von Polymer und Schlamm berücksichtigt werden.

Abschnitt A.1 enthält Informationen und Empfehlungen für Prozesskontrollen.

6.2.3 Polymerlagerung und -verteilung

Polymerbehälter und -herstellungseinheiten müssen in Auffangwannen installiert werden, da Polymere in Konzentrationen über 0,2 % Wasserscheidstoffe sind. Die Auffangwannen müssen wasserdicht sein, ein ausreichendes Volumen zum Zurückhalten des maximalen Leckvolumens aufweisen und mit einem Lecksensor ausgestattet sein.

Leitungen für Polymerlösungen müssen entweder über einer Auffangwanne installiert oder doppelwandig ausgeführt und mit einem Lecksensor ausgestattet sein. Polymerlösung aus dem Außenrohr muss in jeweils mit einem Lecksensor ausgestattete Auffangwannen geleitet werden.

6.3 Schlammeindickung

6.3.1 Auswahl des Verfahrens

Die Schlammeindickung kann in statischen Eindickern, in Entspannungsflotationstanks oder mit mechanischen Eindickungsapparaten wie Filtern oder Zentrifugen erfolgen.

Bei der Auswahl des Eindickungsverfahrens und seiner Auslegung müssen die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

- die erforderliche Feststoffkonzentration für nachfolgende Verfahren;
- der erforderliche Abscheidegrad, d. h. der maximal zulässige Feststoffgehalt im entfernten Wasser;

- Rücklösung von Phosphor in statischen Eindickern;
- Möglichkeit der Steuerung des Verfahrens;
- Einfachheit der Handhabung;
- technische Nutzungsdauer von Bauwerken und technischer Ausrüstung;
- Kapital- und Betriebskosten.

6.3.2 Statische Eindickung

Statische Eindicker können für das Eindicken von Primär- und/oder Sekundär- und Tertiärschlamm verwendet werden. Sie können auch zum Eindicken von Faulschlamm verwendet werden. Sie dürfen jedoch nicht zum Eindicken von WAS aus Belebtschlammanlagen mit verbesserter biologischer Phosphorelimination verwendet werden, weil WAS unter anoxischen und anaeroben Bedingungen Phosphate freisetzt, die in die Anlage zurückgelangen würden.

Je nach Größe der Anlage können statische Eindicker kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden.

Statische Eindicker sollten eine Tiefe von mindestens 3 m und ein Sohlgefälle von mindestens 50° (konisch) bzw. 60° (pyramidenförmig) haben, sofern sie nicht mit einem Rührwerk oder einem Rechen mit Bodenräumer (z. B. einem Krählerwerk) ausgerüstet sind.

Sie sollten mit einem Sensor ausgestattet sein, der den oberen Pegel des sich verfestigenden Schlammes bestimmt, um einen hohen Schlammpegel zu erlauben, ohne dass der Schlamm überläuft.

Andere in Betracht zu ziehende Merkmale sind:

- Verweilzeit; wenn diese länger als einen Tag beträgt, können Hydrolyse und Säurebildung zur Freisetzung von Gerüchen, Schaumbildung, Blähschlamm und einer beeinträchtigten Entwässerbarkeit führen; Hydrolyse kann jedoch vor der anaeroben Stabilisierung erwünscht sein;
- kontrollierte Schlammbeschickung und Rückführung des dekantierten Schlammwassers;
- Zurückhalten und Entfernen von Schwimmschlamm;
- Abzug des Überstands aus unterschiedlichen Schichten (z. B. unter Verwendung höhenverstellbarer Vorrichtungen);
- Mittel zur Beobachtung der Qualität des Überstandswassers während der Entfernung;
- Absaugen und Behandeln der Abluft, falls Eindicker abgedeckt werden.

Folgende Faktoren beeinflussen die Auslegung von statischen Eindickern:

- die Flächenbeschickung ($\leq 0,75 \text{ m}^3/\text{h}$);
- die Flächenbelastung (bis zu $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ für Primärschlamm, $40 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ bis $80 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ für Mischschlamm und $20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ bis $50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ für WAS, je nach dessen Schlammvolumenindex;
- die Verweilzeit von Feststoffen (üblicherweise $\leq 1,5 \text{ d}$);
- die Tiefe der Eindickzone ($\approx 2 \text{ m}$).

Die folgenden Feststoffkonzentrationen können erwartet werden:

- Primärschlamm: 3 % bis 6 %
- Mischschlamm: 2 % bis 5 %
- WAS (je nach SVI): 1 % bis 3 %

(höhere Konzentrationen sind mit Polymerzusatz möglich)

- anaerob stabilisierter Mischschlamm: 3 % bis 5 %

Statische Eindicker für anaerob stabilisierten Schlamm können auch für die zwischenzeitliche Schlamm Lagerung verwendet werden und dürfen eine Verweilzeit von mehreren Tagen haben. Sie müssen mit gasdichten Abdeckungen ausgestattet sein und an die Faulgasanlage angeschlossen sein, um Emissionen zu verhindern und die Nutzung des freigesetzten Methans (eines Treibhausgases mit dem 25-fachen Treibhauspotential von Kohlenstoffdioxid) zu ermöglichen.

6.3.3 Maschinelle Eindickung

Üblicherweise wird Sekundär- und/oder Tertiärschlamm mechanisch eingedickt, während Primärschlamm üblicherweise statisch eingedickt wird. Mechanische Schlammeindickung (mit Ausnahme von DAF-Anlagen) erfordert stets eine vorherige Flockung mit Polymeren. Der gemischte Rohschlamm hat üblicherweise eine Konzentration zwischen 4 % und 6 %. Das maschinelle Eindicken von gemischtem Rohschlamm ist jedoch ebenfalls recht üblich.

Die erzielte DS-Konzentration ist häufig nicht durch die Leistungsfähigkeit der Maschine begrenzt, sondern durch die Fähigkeit der Pumpe, den eingedickten Schlamm zu fördern. Die Viskosität des Schlamms und der Energiebedarf für das Pumpen steigen exponentiell mit der DS-Konzentration. WAS sollte nicht auf eine DS-Konzentration von mehr als 7 % eingedickt werden.

Eindickungsmaschinen sind Maschinen für die mechanische Entwässerung ähnlich. Aus diesem Grund kommen möglicherweise auch Informationen aus Abschnitt 6.5.2 zum Tragen. Die am weitesten verbreiteten Maschinen für die mechanische Eindickung und ihre Kapazitäten sind:

- Schneckeneindicker (8 m³/h bis 90 m³/h);
- Trommeleindicker (3 m³/h bis 100 m³/h);
- Scheibeneindicker (5 m³/h bis 40 m³/h);
- Bandeindicker (10 m³/h bis 150 m³/h);
- Dekantierzentrifugen (5 m³/h bis 200 m³/h).

Die technische Ausrüstung für die maschinelle Schlammeindickung sollte:

- automatisch arbeiten, mit der Möglichkeit für einen vorrangigen Handbetrieb;
- die gesamte erforderliche technische Ausrüstung für die Speicherung, Aufbereitung und Dosierung aller notwendigen Flockungsmittel (Polymer) umfassen;
- geschlossen oder in einem ausreichend belüfteten Raum untergebracht sein, sodass die Korrosion und Gefahren für die Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals gering gehalten werden.

6.3.4 Entspannungsflotation

Überschussschlamm (WAS), Rückspülwasser von biologischen Filtern, Fette und Öle (FOG) und Schwimmschlamm können durch Entspannungsflotation mit oder ohne vorherige Flockung eingedickt werden. Ein Teil des Abflusses wird rezirkuliert und in einem Druckbehälter oder Rohr mit Luft gesättigt. Der Druck des mehr

oder weniger mit Luft gesättigten Wassers wird über Düsen entspannt, die Mikroblasen enthaltendes „milchiges Wasser“ erzeugen, und mit dem Zufluss gemischt. Mehrstufige Pumpen dürfen sowohl für die Druckbeaufschlagung des rezirkulierten Wassers als auch für das Injizieren der Luft verwendet werden.

Der Durchmesser der freigesetzten Luftblasen liegt zwischen 0,04 mm und 0,08 mm. Höhere Drücke erzeugen höhere Geschwindigkeiten in den Düsen, was zu kleineren Blasen führt. Zu kleine Blasen steigen zu langsam auf. Zu große Blasen erzeugen Turbulenzen an der Oberfläche und stören die Eindickung des Schwimmschlammes. Die Druckdifferenz über die Düse beträgt typischerweise 0,4 MPa bis 0,6 MPa.

Eine vorherige Flockung mit Polymeren kann erforderlich sein, um ausreichende Feststoffkonzentrationen des eingedickten Schlammes zu erzielen und die Prozessstabilität zu erhöhen. Auch eine Konditionierung mit Eisen- oder Aluminiumsalzen, um Mikrofloken zu bilden, ist möglich. Die Koagulation und/oder Flockung erfolgt in einem Rohrreaktor oder einem diskontinuierlichen Reaktor mit Rührwerk.

Um die Über- und Unterdosierung von Chemikalien zu vermeiden, sollte die Feststoffkonzentration des Zulaufs wo immer dies möglich ist konstant gehalten werden. Wo dies nicht möglich ist, sollte die Feststoffkonzentration des Zulaufs gemessen werden, um die Chemikaliendosierung steuern zu können.

Die Bemessung einer Entspannungsflotationsanlage muss unter Berücksichtigung der folgenden Größen erfolgen:

- erzielbare Feststoffkonzentration des eingedickten Schlammes (für WAS: fluktuierend zwischen 2 % und 4 % ohne Flockung und ≈ 4 % mit vorheriger Flockung);
- Flächenbeschickung (1 m/h bis 3 m/h für WAS und 3 m/h bis 10 m/h für FOG und Schwimmschlamm) abhängig von einer vorherigen Flockung;
- Flächenbelastung [$5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bis $25 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$] in Abhängigkeit von der eingehenden Feststoffkonzentration;
- Luft/Feststoffverhältnis [(10 bis 40) Normliter Luft je Kilogramm Feststoff];
- mittlerer Luftblasendurchmesser (0,04 mm bis 0,08 mm);
- Abflussrezirkulationsanteil (30 % bis 75 %);
- Partialdruck der gelösten Luft (0,3 MPa bis 1,0 MPa);
- Sättigungsgrad (80 % bis 100 %).

Becken müssen je nach ihrem Volumen 2 m bis 3 m tief sein und ein Verhältnis von Länge zu Breite zwischen 2 : 1 und 8 : 1 aufweisen. Kreisförmige Becken haben einen Durchmesser von 5 m bis 20 m. Die Becken müssen mit Boden- und Schwimmschlammräumern (in rechteckigen Becken üblicherweise Kettenräumer) mit einer Geschwindigkeit von 0,01 m/s bis 0,03 m/s ausgestattet sein. Ein Bodenschlammtrichter und Mittel für die Entfernung des abgesetzten Schlammes müssen vorhanden sein.

Die Verweilzeit in der Mischzone sollte 1 min bis 2 min betragen und die Verweilzeit in der Flotationszone sollte zwischen 20 min und 60 min liegen.

In das Becken dürfen Lamellen integriert werden, um die Flächenbeschickung zu erhöhen und die Oberfläche des Beckens zu verringern. Der Einbau von Lamellen wird jedoch nicht empfohlen, wenn die Feststoffkonzentration des Zulaufs über 0,75 % liegt.

Für den Energieverbrauch je m^3 Schlammzulauf darf ein Wert zwischen 0,1 kWh und 0,3 kWh angenommen werden. Mehrstufige Pumpensysteme sind allgemein energieeffizienter als Systeme mit Verdichtern und Sättigungsgefäßen.

Vorherige Prüfungen vor Ort mit einer Pilotanlage werden empfohlen, falls möglich.

6.3.5 Überblick über die Eindickungssysteme

Tabelle 1 enthält Daten verschiedener Eindickungssysteme.

Tabelle 1 — Leistungsdaten von Eindickungssystemen (Quelle: DWA-M 381)

		Statische Eindickung		DAF		Filtermaschinen	Zentrifugen	
		ohne Polymer	mit Polymer	ohne Polymer	mit Polymer	mit Polymer	ohne Polymer	mit Polymer
Primärschlamm	% DS	5 bis 10	—	—		—	—	—
Mischschlamm	% DS	4 bis 6	5 bis 8	—		6 bis 10	—	—
WAS	% DS	2 bis 3	3 bis 4	3 bis 5	4 bis 6	5 bis 7	5 bis 7	6 bis 8
Polymerverbrauch	g/kg DS	—	0,5 bis 3	—	1 bis 4	3 bis 7	—	1 bis 1,5
Energieverbrauch	kWh/m ³	< 0,1		0,6 bis 1,2		< 0,2	1 bis 1,4	0,6 bis 1
Energieverbrauch	kWh/kg DS	< 20		100 bis 140		< 30	180 bis 220	100 bis 140

Eine Leistungs- und Kostenanalyse [DWA-M 381] hat ergeben, dass die mechanische Eindickung von WAS nicht nur die effektivste, sondern auch die wirtschaftlichste Option ist.

6.4 Desinfektion

6.4.1 Allgemeines

Die Schlammdesinfektion darf thermisch durch Erhitzen des Schlamms (siehe 6.4.2), chemisch (siehe 6.4.3) oder durch eine Kombination beider Verfahren erfolgen.

Die Desinfektion erfordert eine bestimmte Reduktion der Aktivität von Indikatororganismen, nämlich Fäkalcoliforme (z. B. *Enterococcus faecalis*), *Salmonella* senftenbergis und Wurmeiern (z. B. von *Ascaris suum*). Die Konzentration von Fäkalcoliformen und Salmonellen sollte um mindestens 5 Größenordnungen verringert werden.

Wurmeier sind recht empfindlich gegenüber hohen Temperaturen, können aber extreme pH-Werte überleben. Aus diesem Grund braucht nur bei chemischen Desinfektionsverfahren geprüft zu werden, ob Wurmeier überleben. In Europa sind sie im Rohschlamm üblicherweise nicht nachweisbar und gelangen nur in Behältern (z. B. Teebeuteln) in den Schlamm.

Einige Pflanzenpathogene sind thermoresistente Viren, die:

- durch gewöhnliche Schlammdesinfektionsverfahren nicht zuverlässig inaktiviert werden können;
- resistent gegenüber extremen pH-Werten sind; und
- im Boden bis zu 20 Jahre überleben können.

Daher ist Klärschlamm aus Anlagen, die Abwasser aus kartoffelverarbeitenden Betrieben entgegennehmen, für landwirtschaftliche Anwendungen ungeeignet.

ANMERKUNG Europäische oder nationale Vorschriften dürfen andere oder zusätzliche Anforderungen und Prüfverfahren vorschreiben.

6.4.2 Thermische Desinfektion

Thermische Desinfektion erfordert ein bestimmtes Verhältnis zwischen Temperatur und Dauer (siehe Bild 2).

Da der Schlamm Teilchen mit einer Größe von bis zu 1 cm enthält, sind lange Verweilzeiten erforderlich, um sicherzustellen, dass der Kern der Teilchen ausreichend desinfiziert wird. Bei kürzeren Dauern sollte ein größerer Sicherheitsfaktor angewendet werden.

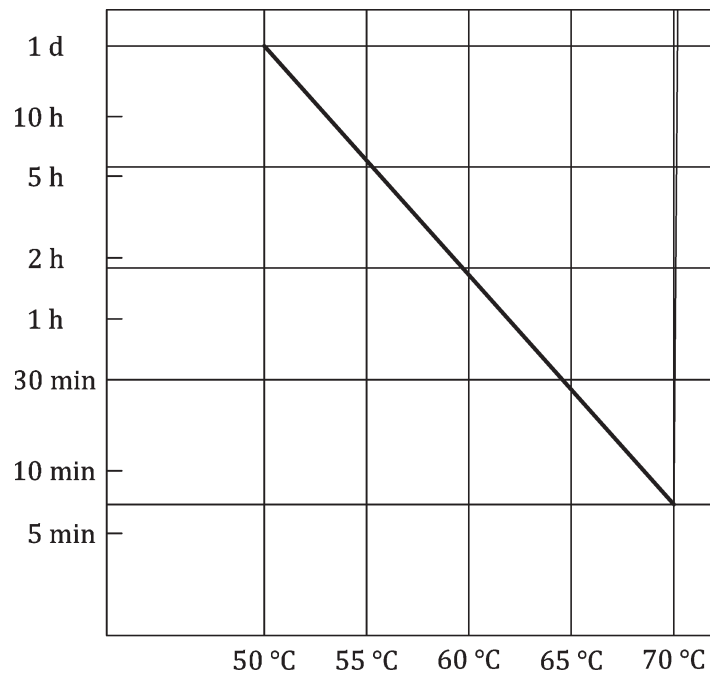


Bild 2 — Zeit/Temperatur-Verhältnis nach Feachem [22] wie von Roediger [23] veröffentlicht

Verfahren zur thermischen Desinfektion sind:

- Vorpasteurisierung (z. B. bei 70 °C und einer Chargenverweilzeit von mindestens 1 h);
- thermophile aerobe oder anaerobe Stabilisierung (z. B. bei 60 °C und einer Chargenverweilzeit von mindestens 4 h);
- thermophile aerobe oder anaerobe Stabilisierung (z. B. 24 h bei 55 °C und einer hydraulischen Verweilzeit von mindestens 20 Tagen);
- thermische Trocknung (z. B. bei 65 °C und einer Verweilzeit von mindestens 1 h);
- Kompostierung, wenn 2 Wochen lang eine Temperatur von 55 °C oder eine Woche lang eine Temperatur von mindestens 65 °C aufrechterhalten wird.

ANMERKUNG Nationale oder regionale Rechtsvorschriften oder die zuständige Stelle können zu erfüllende Mindestkriterien vorgeben.

6.4.3 Chemische Desinfektion

Chemische Desinfektion wird üblicherweise durch Anheben des pH-Werts auf ein bestimmtes Niveau erzielt, häufig durch Hinzufügen von Kalk.

Verwendung von Löschkalk:

- der pH-Wert muss auf mindestens 12 angehoben werden;
- die erforderliche Chargenlagerzeit beträgt mindestens 3 Monate;
- Rühren ist erforderlich, um Ablagerungen zu vermeiden.

Verwendung von Branntkalk:

Entwässelter Schlamm kann durch Zugabe von Branntkalk (CaO) behandelt werden. Der Schlamm wird durch exotherme Reaktionen erhitzt. Die Desinfektion ist erzielt, wenn:

- die Temperatur T auf mindestens 50 °C angehoben wird,
- die Verweilzeit t_R bei dieser Temperatur mindestens dem folgenden Wert entspricht:

$$t_{Rmin} = 6 \times 10^7 \times 10^{(-0.14 \times T_{R, min})} [s] \quad (1)$$

Dabei ist

t_{Rmin} Mindestverweilzeit im Reaktor, in s;

T_{Rmin} Mindesttemperatur im Reaktor, in °C.

6.4.4 Andere Verfahren

Anaerob stabilisierter Schlamm kann auch durch lange Lagerung desinfiziert werden [11]. Das erzeugte, im Gleichgewicht mit Ammoniak befindliche Ammonium, ist verantwortlich für den Desinfektionseffekt:

- eine einjährige Lagerung kann ausreichend sein, selbst in mäßigem Klima;
- auch eine Schlamm Trocknung durch Sonneneinstrahlung kann ausreichend sein, sofern die Trockenschlammchargen über die warme Jahreszeit in Gewächshäusern gelagert werden.

Kombinationen von thermischer und chemischer Behandlung können ebenfalls für eine Desinfektion ausreichend sein. Kombinierte Verfahren mit thermischer und chemischer Behandlung (siehe 6.5.1) werden für die Desintegration und Hydrolyse benutzt, können aber auch eine Desinfektion bewirken.

6.4.5 Verifizierung der erfolgreichen Desinfektion

Der Planer sollte ausschließlich bewährte Desinfektionsverfahren berücksichtigen. Nicht erprobte Verfahren erfordern umfangreiche Prüfungen.

Die angegebenen Prozessbedingungen (z. B. das Zeit/Temperatur-Verhältnis) müssen automatisch überwacht und aufgezeichnet werden.

Das Produkt muss in festgelegten Intervallen untersucht werden (z. B. auf das Auftreten von Salmonellen und die Zahl der Fäkalcoliformen).

Es können nationale oder lokale Bestimmungen gelten.

6.5 Schlammvorbehandlung vor der biologischen Schlammstabilisierung

Zu Informationen und Leitfäden über die Durchführung einer Vorbehandlung siehe Abschnitt A.2.

6.6 Biologische Schlammstabilisierung

6.6.1 Allgemeines und Anforderungen an die Stabilisierung

Die biologische Stabilisierung umfasst alle biologischen Verfahren, die leicht abbaubarer organische Substanzen in mineralische oder schwer abbaubare organische Substanzen umwandeln.

Ziele der Schlammstabilisierung sind:

- Verringerung der biologischen Aktivität, um Emissionen vorzubeugen (Treibhausgase und Gerüche);
- Minimierung der Masse der auszutragenden flüchtigen und Gesamtfeststoffe im Schlamm;
- Verbesserung der Entwässerbarkeit des Schlamms;
- Minimierung der Kosten für die Entsorgung des Schlamms;
- Rückgewinnung von Energie durch Biogasproduktion (im Falle anaerober Stabilisierung).

Ein bestimmter Stabilisierungsgrad kann im Belebtschlammverfahren (siehe EN 12255-6) und im Belebungsverfahren mit simultaner Schlammstabilisierung erzielt werden.

Der erforderliche Schlammstabilisierungsgrad hängt von der nachfolgenden Lagerung, Behandlung und Entsorgung des Schlamms ab. Wenn der Schlamm ohne längere Aufbewahrungszeiten entwässert, getrocknet und/oder verbrannt wird, kann ein begrenzter Stabilisierungsgrad hinnehmbar sein. Wird der Schlamm jedoch vor dem Ausbringen oder Verbrennen für mehrere Wochen oder sogar Monate gelagert, muss er stabilisiert werden. Der Grund für diese Unterscheidung ist das Potential von Geruchs- und Treibhausgasemissionen.

Der Stabilisierungsgrad wird am besten anhand des verbleibenden Potentials zur Erzeugung von Faulgas in Chargenprüfungen bestimmt, d. h. über einen Zeitraum von 20 d bei 37 °C. Eine gute Stabilisierung ist erzielt, wenn der verbleibende Gasertrag unterhalb von 120 Normlitern je Kilogramm flüchtige Feststoffe liegt. Eine ausreichende Stabilisierung ist erzielt, wenn er unterhalb von 180 Normlitern je Kilogramm flüchtige Feststoffe liegt. Die Prüfung der verbleibenden Faulgasproduktion ist jedoch anspruchsvoll und zeitraubend.

Ein alternatives Prüfverfahren wurde vorgeschlagen [z]. CSB und BSB₅ des Schlamms können mit herkömmlichen Prüfverfahren bestimmt werden, das Verhältnis BSB₅/CSB muss berechnet werden. Ein Verhältnis $\leq 0,1$ weist auf einen gut stabilisierten Schlamm hin. Ein höheres Verhältnis (z. B. $\leq 0,15$ oder $\leq 0,2$) kann je nach lokalen oder nationalen Regelungen ausreichend sein.

6.6.2 Anaerobe Schlammstabilisierung

6.6.2.1 Allgemeine Kurzbeschreibung

Der die Geschwindigkeit des aeroben und anaeroben Abbaus begrenzende Schritt ist die Hydrolyse, bei der organische Feststoffe in gelöste Stoffe umgewandelt werden, die von Bakterien aufgenommen und weiter abgebaut werden können.

Die Hydrolyse erfolgt durch von den Bakterien erzeugte Exoenzyme.

Die Hydrolyserate k_H ist temperaturabhängig und kann mithilfe folgender Gleichung berechnet werden:

$$k_H = 0,045 \times 1,072^{(T-10)} [\text{d}^{-1}] \quad (3)$$

Dabei ist

k_H die Hydrolyserate, in d^{-1}

T die Prozesstemperatur, in °C

Der Abbau des Substrats erfolgt in einer Reaktion erster Ordnung, solange leicht abbaubares Substrat vorhanden ist. Für eine Reaktion erster Ordnung, bei der der Ertrag proportional zur Substratkonzentration ist, wird die folgende Gleichung verwendet:

$$\frac{d(C_{\text{degr}})}{d(t)} = -k_H \cdot C_{\text{degr}} \text{ [kg/(m}^3 \cdot \text{d)]} \quad (4)$$

Dabei ist

$\frac{d(C_{\text{degr}})}{d(t)}$ das zeitliche Differential der Konzentration, in kg/(m³·d) oder g/(l·d)

C_{degr} die Konzentration des abbaubaren Substrats, in kg/m³ oder g/l.

Für einen diskontinuierlichen Fermenter führt die Integration von Gleichung 3 zu:

$$C_{\text{degr}} = C_{0,\text{degr}} \cdot e^{(-k_H \cdot t_R)} \text{ [kg/m}^3 \text{]} \quad (5)$$

Dabei ist

C_{degr} die Konzentration des abbaubaren Substrats, in kg/m³

$C_{0,\text{degr}}$ die Anfangskonzentration des abbaubaren Substrats, in kg/m³ oder g/l

k_H die Hydrolyserate in d⁻¹

t_R die Verweilzeit im Reaktor, in Tagen

Für einen kontinuierlich beschickten und gut gerührten Fermenter gilt die folgende Gleichung:

$$Q \cdot (C_{0,\text{degr}} - C_{\text{degr}}) = -V_R \cdot \frac{d(C_{\text{degr}})}{d(t)} = V_R \cdot k_H \cdot C_{\text{degr}} \text{ [kg/d]} \quad (6)$$

Dabei ist

Q der Zulaufvolumenstrom, in m³/d;

C_{degr} die Konzentration des abbaubaren Substrats im Reaktor, in kg/m³ oder g/l;

$C_{0,\text{degr}}$ die Konzentration des abbaubaren Substrats im Zulaufstrom, in kg/m³ oder g/l;

$\frac{d(C_{\text{degr}})}{d(t)}$ das zeitliche Differential der Konzentration, in kg/(m³·d) oder g/(l·d);

V_R das Reaktorvolumen, in m³;

k_H die Hydrolyserate, in d⁻¹.

Das technische Abbauverhältnis η_{degr} ist

$$\eta_{\text{degr}} = \frac{C_{0,\text{degr}} - C_{\text{degr}}}{C_{0,\text{degr}}} \text{ [-]} \quad (7)$$

Dabei ist

- η_{degr} das technische Abbauverhältnis;
- C_{degr} die Endkonzentration der abbaubaren Substanz;
- $C_{0,\text{degr}}$ die Ausgangskonzentration der abbaubaren Substanz.

Nach Einsetzen in Gleichung 5 ergibt sich die folgende Gleichung:

$$\eta_{\text{degr}} = \frac{k_H \cdot t_R}{(1 + k_H \cdot t_R)} [-] \quad (8)$$

Dabei ist

- η_{degr} das technische Abbauverhältnis;
- k_H die Hydrolyserate, in d^{-1} ;
- t_R die mittlere Feststoffverweilzeit (MSRT), in d.

Die Hydrolyserate k_H bei einer Temperatur von 37 °C beträgt etwa $0,3 \text{ d}^{-1}$. Um eine technische Abbaurate von $\eta_{\text{degr}} = 0,85$ zu erzielen, wird ein Schlammalter $t_R = 19 \text{ d}$ benötigt.

Bei einer zweistufigen Stabilisierung wird das folgende Abbauverhältnis erzielt:

$$\eta_{\text{degr,tot}} = \eta_{\text{degr},1} + \eta_{\text{degr},2} \cdot (1 - \eta_{\text{degr},1}) [-] \quad (9)$$

Dabei ist

- $\eta_{\text{degr,tot}}$ das Gesamtabbauverhältnis (dimensionslos);
- $\eta_{\text{degr},1}$ das Abbauverhältnis der ersten Stufe (dimensionslos);
- $\eta_{\text{degr},2}$ das Abbauverhältnis der zweiten Stufe (dimensionslos).

Wenn zwei aufeinanderfolgende Fermenter dieselbe Größe aufweisen und $\eta_{\text{degr},1} = \eta_{\text{degr},2}$, dann beträgt das Gesamtabbauverhältnis:

$$\eta_{\text{degr,tot}} = \eta_{\text{degr},1/2} \cdot (2 - \eta_{\text{degr},1/2}) [-] \quad (10)$$

Dabei ist

- $\eta_{\text{degr,tot}}$ das Gesamtabbauverhältnis (dimensionslos);
- $\eta_{\text{degr},1/2}$ das identische Abbauverhältnis der ersten und zweiten Stufe (dimensionslos).

Wenn das Schlammalter im ersten und zweiten Fermenter gleich ist, darf die folgende Gleichung verwendet werden:

$$\eta_{\text{degr,tot}} = 1 - \left[\frac{1}{1 + k_H \cdot t_{R1,2}} \right]^2 [-] \quad (11)$$

Dabei ist

- $\eta_{\text{degr,tot}}$ das Gesamtabbauverhältnis (dimensionslos);

k_H die Hydrolyserate, in d^{-1} ;

$t_{R,1,2}$ das identische Schlammalter in Fermenter 1 und Fermenter 2, in d.

Es ist anzumerken, dass die obigen Gleichungen auf der Annahme basieren, dass das gesamte Fermentervolumen aktiv ist und eine nahezu perfekte Mischung im Fermenter erfolgt. In der Praxis ist dies je nach Design, technischer Ausrüstung und Betrieb des Fermenters häufig nicht der Fall.

6.6.2.2 Design anaerober Fermenter

Die anaerobe Stabilisierung muss eine technische Abbaurate von mindestens 80 % (vorzugsweise 90 %) leicht abbaubarer organischer Substanz erreichen.

Die kalte Stabilisierung von Rohschlamm könnte in Abwasserteichen (siehe EN 12255-5), anderen offenen Becken oder geschlossenen Behältern (z. B. in Emscherbrunnen) erfolgen. Kalte Stabilisierung darf nur in Kläranlagen für weniger als 1 000 Einwohner eingesetzt werden. Angesichts der Emission von Treibhausgasen, insbesondere des sehr starken Treibhausgases Methan, sollte eine offene Stabilisierung (z. B. in Abwasserteichen) überhaupt nicht angewendet werden.

Fermenter sollten aus Sicherheitsgründen in einem Überlaufmodus betrieben werden. Es ist unbedingt erforderlich, dass oben und unten im Fermenter Überläufe angebracht sind, um den Schlammbestand im Fermenter steuern zu können. Im Normalfall wird der obere Überlauf verwendet. Der untere Überlauf sollte verwendet werden, um Sand aus dem Fermenter zu entfernen. Zusätzlich muss ein nicht absperrender Notüberlauf vorhanden sein.

Es muss möglich sein, individuell durch alle den Fermenter verlassenden Rohrleitungen Schlamm zu pumpen, um Verstopfungen zu beseitigen.

Anaerobe Stabilisierung erfolgt üblicherweise in beheizten und wärmegeprägten Fermentern. Anaerobe Fermenter gibt es in verschiedenen Designs. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind Flachbodenfermenter mit geringer Höhe vorherrschend (sogenannte „Pfannkuchenfermenter“, en: pancake digesters). Sie müssen redundant ausgelegt sein, da das Sediment in solchen Fermentern im Abstand von wenigen Jahren entfernt werden muss.

In Europa sind Fermenter mit einem Verhältnis von Höhe zu Durchmesser von mindestens 1 : 1 verbreitet. Einige haben einen abschüssigen, andere einen flachen Boden. Eiförmige Fermenter sind teurer im Bau, weisen jedoch die beste Leistung auf.

Das Mischsystem anaerober Fermenter muss an ihre Form angepasst sein.

Eine externe Schlammrezirkulation mit einem Volumenstrom von mindestens dem sechsfachen Fermentervolumen je Tag (besser dem zehnfachen oder zwölffachen Volumen je Tag) sollte nur bei kleinen Fermentern mit einem Volumen von maximal 1 000 m³, einem konisch abschüssigen Boden und einem Schlammalter (MSRT) von mindestens 25 d als alleinige Vorrichtung für das Mischen verwendet werden. Die Energieeffizienz einer solchen Mischung durch Schlammrezirkulation ist schlecht, da der Großteil der zugeführten Energie durch Rohrreibung aufgebraucht wird.

In Flachbodenfermentern können mehrere Strahlmischer verwendet werden. Es ist mindestens ein Volumenstrom von 8 Fermentervolumen je Tag erforderlich. Die Düsen der Strahlmischer können nicht gereinigt werden, ohne den Fermenter zu entleeren.

In eiförmigen Fermentern oder hohen Fermentern mit einem konischen Boden und Dach darf ein einzelner großer Saugschlauchmischer mit einem Propeller installiert werden. In Flachbodenfermentern dürfen mehrere Saugschlauchmischer installiert werden. Saugschlauchmischer bestehen aus Vertikalrohren, durch die über einen Propeller oder durch Gasinjektion Schlamm bewegt wird. Saugschläuche mit Gasinjektion können den Schlamm nur aufwärts bewegen, während Saugschläuche mit Propellern den Schlauch auch abwärts bewegen können. Der Schlammpegel im Fermenter muss mit einem Grenzabmaß von ± 10 cm konstant gehalten werden.

Ein niedrigerer Schlammpegel ist nicht akzeptabel, da dies das Mischen im Fermenter behindern würde. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn starke Schaumbildung auftreten könnte.

Propellermischer dürfen für Fermenter verwendet werden. Sie sollten eine vertikale Welle und einen oder mehrere Propeller mit großem Durchmesser haben. Wenn zwei Propeller vorgesehen sind, sollte der untere etwa bei 25 % der Fermenterhöhe angeordnet sein, der obere bei etwa 75 %. Knapp unter der Schlammoberfläche darf ein den Schwimmschlamm aufbrechender Propeller angeordnet sein (was einen nahezu konstanten Schlammpegel erfordert). Verzopfen ist ein häufig auftretendes Problem. Es sollten Designs verwendet werden, die die Schwere der Verzopfung minimieren. Diese können selbstreinigende Propeller, Wellenschutzrohre und eine regelmäßige oder bedarfsabhängige Drehsinnumkehr umfassen. Die Designs müssen so konfiguriert werden, dass sichergestellt ist, dass der Mischer ohne Unterbrechung der Funktion des Fermenters entfernt und ersetzt werden kann. Hochgeschwindigkeitsmischer mit kleinen Propellern sollten aufgrund ihres geringeren Wirkungsgrads nicht verwendet werden.

Gasmischer dürfen für Fermenter jeder Form verwendet werden. Das Faulgas wird verdichtet und in der Nähe des Fermenterbodens injiziert, um in einem Bereich eine aufsteigende und in einem anderen Bereich eine absteigende Strömung zu erzeugen. Es gibt Systeme mit hängenden Lanzen (bei flachem Boden) und andere Systeme mit peripheren Lanzen (bei konischem Boden). Das Mischen mit Gas ist nicht vom Schlammpegel abhängig, solange bei starker Schaumbildung abgesenkt werden kann. Das Mischen mit Gas kann abschnittsweise erfolgen. Intermittierendes Mischen mit Gas mit hohem lokalen Energieeintrag kann insgesamt Energie sparen.

Fermenter der zweiten Stufe benötigen kein kontinuierliches Mischen. Sie können gleichzeitig als Eindicker dienen und die Schlammkonzentration und damit das Schlammalter (MSRT) erhöhen. Es sollte möglich sein, den Dickschlamm aus der zweiten Stufe in den ersten Fermenter zurückzuleiten, um das Schlammalter im ersten Fermenter zu erhöhen. Auch sollte es möglich sein, die Fermenterstufung umzukehren. Dies erfordert identische technische Ausrüstung für alle Fermenter und entsprechende Rohrleitungsverbindungen.

Die durchschnittliche Feststoffkonzentration im Zufluss sollte mindestens 4 % betragen und vorzugsweise zwischen 5 % und 8 % liegen, um Volumen und Heizenergie zu sparen.

Die Fermenter werden vorzugsweise über in einer Schlammrezirkulationsrohrleitung installierte Wasser/Schlamm-Röhrenwärmetauscher geheizt. Wenn die Fermenter wärmegeklämt sind, ist die Wärme einer KWK-Anlage mehr als ausreichend, um den Rohschlamm zu erwärmen und Wärmeverluste auszugleichen.

Die folgenden Parameter müssen gemessen und aufgezeichnet werden:

- Schlammzulaufvolumen in m^3/d (z.B. durch Multiplikation des Fördervolumenstroms der Pumpe und ihrer Betriebszeit);
- Faulgasproduktion in m^3/d (mit einem Gasdurchflussmessgerät);
- Gasvolumen im Gasspeichertank in % (dieser Parameter sollte für die Steuerung der Energieerzeugung verwendet werden; wenn er den Maximalwert erreicht, muss die Abfackeleinrichtung eingeschaltet werden);
- erzeugte Energiemenge in kWh/d , wenn das Faulgas in einer KWK-Anlage genutzt wird;
- Schlammpegel im Fermenter in m (häufig wird ein Drucksensor verwendet, und der Gasdruck im Fermenter wird abgeleitet);
- Temperatur oben und unten im Fermenter in $^{\circ}\text{C}$ (eine Temperaturdifferenz von mehr als 1°C weist auf eine unzureichende Mischung im Fermenter hin).

Die folgenden Parameter müssen gemessen und angegeben werden:

- Zu- und Ablauftemperatur von Wasser und Schlamm an den Wärmetauschern;

- relativer Gasdruck im Fermenterkopf in kPa (bei Überschreiten eines Höchstwerts muss ein Alarm ausgegeben werden);
- Gasdruck in kPa vor und hinter den Gasfiltern oder anderen Geräten in den Gasleitungen, um Verstopfungen anzuzeigen.

Alle Sensoren müssen ohne Entleeren des Fermenters austauschbar sein.

Oben an Fermentern muss eine Über- und Unterdruckentlastungsvorrichtung installiert sein. Diese Vorrichtung sollte eine frostgeschützte Wasserfalle aufweisen. Flammenrückschlagsicherungen sollten nicht verwendet werden, da sie zum Verstopfen neigen.

Um das Austauschen von Ventilen in Rohrleitungen, die unterhalb des niedrigsten Schlammpegels am Fermenter angeschlossen sind, zuzulassen, sollten sie entweder ein zusätzliches Handventil zum Fermenter oder einen Abschnitt zwischen dem Absperrschieber und dem Fermenter aufweisen, der durch Vereisen geschlossen werden kann.

Zum Ausgleichen der Gasproduktion und -nutzung sind große Gasspeicher erforderlich. Es wird empfohlen, Niederdruckgasbehälter mit einem Nennvolumen von mindestens 50 % der täglichen Gasproduktion zu verwenden.

Gasfilter, Gastrockner, Entschwefler und Gasmessgeräte, die zwischen dem Fermenter und dem Gasspeicher angeordnet sind, müssen mit Umgehungsleitungen versehen sein. Zum Abfackeln von überschüssigem Gas wird üblicherweise eine Abfackeleinrichtung benötigt.

Entschwefler werden üblicherweise nicht benötigt, wenn Eisensalze hinzugefügt werden (üblicherweise für die P-Entfernung).

Gastrockner oder Aktivkohlefilter können erforderlich sein, um Siloxane, die die Lebensdauer von Gasmotoren verkürzen können, aus dem Gas zu entfernen.

KWK-Anlagen umfassen üblicherweise Gasmotoren. Sie wandeln 30 % bis 40 % der Energie in elektrische Energie und 50 % bis 60 % in Wärme um. Auch Mikroturbinen dürfen verwendet werden. Diese erfordern weniger Wartung, doch ihr Wirkungsgrad ist wesentlich niedriger.

Bei hoher Rohschlammkonzentration steht zusätzliche Wärme für die Schlamm Trocknung zur Verfügung. Vorzugsweise wird die hohe Temperatur zunächst im Schlamm Trockner genutzt, und die geringere Temperatur aus dem Schlamm Trockner wird zum Heizen des Fermenters verwendet.

Etwa 50 % des Phosphors und Stickstoffs im Rohschlamm werden als Phosphat und Ammonium in das Schlammwasser abgegeben. Je höher der Anteil der abgebauten flüchtigen Feststoffe, umso mehr dieser Nährstoffe werden nach der Schlamm entwässerung dem Schlammwasser wieder zugeführt. Phosphat kann durch Hinzufügen von Eisensalzen ausgefällt werden.

Wenn das CSB/N-Verhältnis im Abwasser niedrig ist, ist die Denitrifikationskapazität möglicherweise nicht ausreichend, um ausreichende Mengen an Stickstoff zu entfernen. Aus diesem Grund ist mitunter eine separate biologische Behandlung des Schlammwassers erforderlich, um Ammonium aus dem Schlammwasser zu entfernen. Dies kann durch Nitrifikation und Denitrifikation oder durch Deammonifizierung erfolgen [12].

6.6.2.3 Hinzufügung von Cosubstraten

Cosubstrate dürfen hinzugefügt werden, um die Gasproduktion anaerober Fermenter zu erhöhen (nationale oder regionale Rechtsvorschriften oder die zuständige Stelle dürfen Bedingungen für die Verwendung von Cosubstrat und die zulässigen Typen aufstellen). Die folgenden Punkte müssen beachtet werden [17]:

- der Fermenter muss über eine ausreichende Kapazität verfügen, um die Anforderungen an die Stabilisierung (siehe 6.6.1) trotz Hinzufügung von Cosubstrat zu erfüllen;

- das Cosubstrat muss leicht biologisch abbaubar sein;
- es muss frei von störender Materie sein, z. B. groben Feststoffen und Fasern; Vorbehandlung mit Sieben kann erforderlich sein;
- es darf die anaerobe Stabilisierung nicht behindern;
- wenn der Faulschlamm ausgebracht wird, darf das Cosubstrat die Konzentration von Schwermetallen oder Begrenzungen unterliegenden organischen Schadstoffen nicht erhöhen;
- es sollte die Entwässerbarkeit des Schlamms nicht verringern, obwohl es dies in den meisten Fällen tut.

Betreiber von Kläranlagen sollten die Kosten und Vorteile einer Cofermentierung berechnen. In den meisten Fällen müssen sie Gebühren für die Annahme von Cosubstraten erheben, da die zusätzliche Faulgasproduktion und Energieerzeugung die Zusatzkosten für die Vorbehandlung des Cosubstrats und die Schlamm Entsorgung nicht abdecken.

6.6.3 Aerobe Schlammstabilisierung

Aerobe Stabilisierung kann gleichzeitig mit biologischer Abwasserbehandlung oder in einem separaten Reaktor mit Belebungsverfahren mit simultaner Schlammstabilisierung erfolgen.

Das aerobe Schlammalter $t_{SA,aerobic}$ bei der Mindesttemperatur T_{min} muss betragen:

$$t_{SA,aerobic} \leq 20 \times 1,072^{(10^{\circ}C - T_{min})} \text{ [d]} \quad (12)$$

Dabei ist

$T_{TS,aer}$ das aerobe Schlammalter, in d;

T_{min} die Mindesttemperatur im Reaktor, in °C.

Wenn T_{min} 10 °C beträgt, muss $t_{SA,aerobic}$ mindestens 20 d betragen.

Nur Bereiche des Belebungsbeckens, in denen eine Sauerstoffkonzentration von mindestens 1,5 mg/l herrscht, sind aerob.

Bei 10 °C sind noch etwa 1/3 der 34 g/(P·d) flüchtige Feststoffe im Überschussschlamm leicht abbaubar, d. h. ca. 12,5 g/(P·d). Bei 20 °C werden nur 30 g/(P·d) flüchtige Feststoffe erzeugt, von denen 8 g/(P·d) leicht abbaubar sind. Die potentielle äquivalente CO₂-Emission während der langfristigen Lagerung des Überschussschlammes beträgt 41 kg CO₂/(P·a) bzw. 25 kg CO₂/(P·a).

Im Vergleich dazu beträgt die potentielle äquivalente CO₂-Emission von anaerob stabilisiertem Schlamm etwa 15 kg CO₂/(P·a). Aerobe Schlammstabilisierung ist also im Hinblick auf den Klimawandel mindestens doppelt so schädlich. Die Erzeugung regenerativer Energie aus Faulgas ist dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

Aerobe Stabilisierung kann in warmem Klima ausreichen, in kaltem Klima jedoch weit weniger.

Aerobe Stabilisierung kann auch in Belebungsbecken mit simultaner Schlammstabilisierung durchgeführt werden. Dies bietet den Vorteil, dass die Feststoffkonzentration im Belebungsbecken mit simultaner Schlammstabilisierung etwa doppelt so groß wie im Hauptbelebungsbecken ist.

Die aerobe thermophile Stabilisierung von Rohschlamm (gemischter Primär- und Sekundärschlamm) kann durchgeführt werden, wenn der Rohschlamm auf mindestens 4 % DS eingedickt wird. Dies erfordert eine mechanische Eindickung des Überschussschlammes. Beim aeroben Abbau von eingedicktem Rohschlamm wird Wärme erzeugt. In diesem autothermen Prozess können Temperaturen zwischen 50 °C und 60 °C erreicht werden. Es werden mindestens zwei aufeinanderfolgende wärmegeämmte Reaktoren benötigt,

die beide für eine MHRT von mindestens 5 d ausgelegt sind. Die Kapazität zur Bereitstellung von Sauerstoff muss ausreichend für den aeroben Abbau sein. Die Sauerstoffausnutzung ist gering, in der Größenordnung von 1 kg O₂ je kWh. Schaumbildung ist ein häufig auftretendes Problem in aerob-thermophilen Reaktoren. Üblicherweise werden mechanische Entschäumer vorgesehen.

Wo eine Schlammdesinfektion erforderlich ist, muss die Verweilzeit im letzten Reaktor 23 h bei einer Temperatur von 55 °C betragen (siehe Bild 1).

6.6.4 Schlammkompostierung

Durch Kompostierung können folgende Ziele erreicht werden:

- aerobe Stabilisierung;
- Desinfektion;
- ein begrenztes Maß an Trocknung.

Kompostierung kann in Mieten oder in wärmegeämmten Reaktoren erfolgen. Mieten erfordern eine lange Verweilzeit, sodass eine große Fläche und ein hoher Arbeitsaufwand für das Wenden der Mieten erforderlich sind, um sicherzustellen, dass alle Teilchen sich ausreichend lange im Mietenkern befinden. Reaktoren benötigen weniger Platz und Arbeitsaufwand, aber eine höhere Investition.

Ein strukturverbesserndes Material (z. B. Hackschnitzel) kann erforderlich sein, um im Schlamm aerobe Bedingungen aufrechtzuerhalten.

Bei der Planung von Kompostierungsanlagen müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Kompostierung in belüfteten oder unbelüfteten Mieten oder in Behältern;
- Porosität und Luftdurchlässigkeit des Materials;
- erforderlicher Nährstoffgehalt;
- Durchmischung/Verschneiden (Beimischung);
- Emission von Geruch, flüchtigen Stoffen und biologischen Giftstoffen;
- Flächenbedarf;
- Wassergehalt;
- Temperatursteuerung;
- Entwässerung von Lager- und Verkehrsflächen;
- Lagerung des Produkts;
- Wetterschutz während und nach der Kompostierung;
- Herkunft, Verfügbarkeit und Dauerhaftigkeit des strukturverbessernden Materials.

6.6.5 Pseudostabilisierung

6.6.5.1 Allgemeines

Die Behandlung von Schlamm mit Kalk oder durch thermische Trocknung wird „Pseudostabilisierung“ genannt. Diese kann den organischen Abbau verhindern, solange bestimmte Bedingungen (pH-Wert oder

Wassergehalt) aufrechterhalten bleiben, doch wenn diese Bedingungen aber nicht mehr herrschen, beginnt der Abbau erneut.

Pseudostabilisierungsverfahren können auch eingesetzt werden, um Geruchsemission während der Lagerung zu vermindern, die Handhabung des Schlammes zu erleichtern sowie eine Desinfektion zu erreichen. Sie bleiben eine Möglichkeit der Schlammbehandlung vor dem Ausbringen, sie vermindern aber nicht das Potential für die langfristige Gasproduktion, die insbesondere dann beachtet werden muss, wenn der Schlamm ausgebracht oder auf einer Deponie gelagert werden soll.

6.6.5.2 Chemische Behandlung

Pseudostabilisierung kann durch Hinzufügung von Lösch- oder Branntkalk erfolgen. Der pH-Wert muss über 12 angehoben werden, um die mikrobiologische Aktivität zu hemmen. Die Hinzufügung von Kalk kann auch eine Desinfektion bewirken (siehe 6.4.3). Die Masse des Schlammes nimmt durch die Hinzufügung von Kalk zu.

Eine chemische Behandlung darf, je nach den entsprechenden nationalen Vorschriften, für eine landwirtschaftliche Verwertung als ausreichend erachtet werden und sie darf bei Betriebsunterbrechungen der eigentlichen Schlammbehandlung, z. B. der biologischen Stabilisierung, als Ersatz dienen.

Alle Behälter und die technische Ausrüstung müssen korrosionsbeständig sein und chemischen Angriffen standhalten. Abrasion muss beachtet werden. Es muss möglich sein, Chemikalienablagerungen von allen Ausrüstungsteilen mit mechanischen Mitteln zu entfernen. Branntkalksilos müssen Vorrichtungen aufweisen, um Brückenbildung zu verhindern (z. B. Rüttler).

Die Verfahren erzeugen Ammonium und setzen es frei. Diese Emissionen müssen aufgefangen und in einem Säurewäscher behandelt werden.

6.7 Schlammmentwässerung

6.7.1 Schlamm-trockenbeete

Schlamm-trockenbeete, die üblicherweise in trockenen Klimagebieten verwendet werden, bestehen aus mindestens zwei Zellen mit porösem Filtermittel und Drainageleitungen. Die Filterbetten sind gewöhnlich aus mehreren Sand- und Kiesschichten aufgebaut, wobei die Korngröße von oben nach unten zunimmt. Die obere Feinsandschicht wird allmählich zusammen mit dem entwässerten Schlamm ausgetragen und muss nach mehreren Austragsvorgängen erneuert werden. Schlamm-trocknungs-Schilfbeete sind in Aufbau und Betrieb ähnlich, doch der Schlamm wird mehrere Jahre zurückgehalten, bis er entfernt wird. Zusätzlich zum Entwässern stabilisieren Schlamm-trocknungs-Schilfbeete den Schlamm.

Die obere Sandschicht muss eine Dicke zwischen 50 mm und 100 mm und die untere Kiesschicht muss eine Dicke zwischen 300 mm und 400 mm haben. Die Drainageleitungen in der Kiesschicht müssen eine Nennweite von mindestens DN 80 haben.

Anaerob stabilisierter Schlamm wird auf Trockenbeete mit einer Beschickungshöhe von maximal 300 mm aufgebracht, andere Schlämme mit einer Beschickungshöhe von 100 mm. Es wird empfohlen, den Faulschlamm unten aus dem Fermenter zu entnehmen. Infolge des Druckabfalls wird gelöstes Gas frei und flotierte Feststoffe zur Schlammoberfläche, sodass das Schlammwasser unten schnell abfließen kann.

Der Schlamm wird manuell oder maschinell mit Frontladeräumern entfernt. Für die Abfuhr des Schlammes muss eine für Fahrzeuge ausreichende Zufahrt vorhanden sein.

6.7.2 Mechanische Schlammmentwässerung

6.7.2.1 Überblick über das mechanische Verfahren

Verbreitete Maschinen für die Schlammmentwässerung sind: