

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 383

Kennwerte der Klärschlammentwässerung

Juli 2019



DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 383

Kennwerte der Klärschlammentwässerung

Juli 2019



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-851-5 (Print)

978-3-88721-852-2 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2019

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Begriffe wie Entwässerungsverhalten, Entwässerungseigenschaft und Entwässerbarkeit haben in der Abwassertechnik einen festen Platz. Eine scharfe Begriffsdefinition liegt jedoch nicht vor.

Verfahrenstechnisch handelt es sich bei der Eindickung und Entwässerung von Schlämmen um eine Fest-Flüssig-Trennung. Die Eigenschaften von Klärschlämmen sind abhängig von der Rohabwasserzusammensetzung sowie der Verfahrenskette der Abwasserreinigung und der Klärschlammbehandlung. Deshalb werden auf verschiedenen Kläranlagen unterschiedliche Entwässerungsergebnisse erreicht. Aus betrieblichen, energetischen und wirtschaftlichen Gründen hat die Beschreibung der Klärschlammeigenschaften und deren Einflussgrößen eine wesentliche Bedeutung.

Zur Charakterisierung des Entwässerungsverhaltens von Klärschlämmen sollten relevante Kennwerte bestimmt werden. Durch Anwendung verschiedener Methoden ist es möglich, den Konditionierungsmittelbedarf sowie das erreichbare Entwässerungsergebnis abzuschätzen.

Entwässerungskennwerte werden genutzt, um Klärschlammeigenschaften möglichst quantitativ zu beschreiben bzw. Ursachen für ein verändertes Entwässerungsverhalten zu erkennen. Neben den Kennwerten stehen Methoden zur Ermittlung des Bedarfs von polymeren Flockungsmitteln und des erreichbaren Entwässerungsergebnisses im Vordergrund der Betrachtung.

Im Oktober 2008 wurde das Merkblatt DWA-M 383 veröffentlicht. Die Überarbeitung des Merkblatts wurde erforderlich, da sich teilweise die rechtlichen Randbedingungen geändert haben. Vor allem wurde nach intensiver Fachdiskussion innerhalb der DWA die Bezeichnung *Flockungshilfsmittel* zu **polymerem Flockungsmittel** geändert. Des Weiteren wurden die statistischen Auswertungen der Schlammkennwerte aktualisiert und einige neue Parameter als Kennwerte mit aufgenommen.

Zur Technik der Entwässerung und Eindickung kommunaler Klärschlämme wird auf die Merkblätter DWA-M 366 „Maschinelle Schlammentwässerung“, DWA-M 381 „Eindickung von Klärschlamm“ sowie DWA-M 350 „Aufbereitung von synthetischen polymeren Flockungsmitteln zur Klärschlammkonditionierung“ verwiesen.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 383 (10/2008) wurden im Merkblatt DWA-M 383 (07/2019) folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an die europäische Normung und zwischenzeitlich eingetretene Veränderungen hinsichtlich Gesetzen und Verordnungen;
- b) Einführung des Begriffs „polymeres Flockungsmittel“ anstelle von „Flockungshilfsmittel“;
- c) Aktualisierung der Datengrundlage zur Auswertung von Schlammkennwerten;
- d) neu aufgenommen wurde der Einfluss von Kationen (Unterabschnitt 4.3.4) und der Abtropftest (Unterabschnitt 4.4.5).

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich, wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 383 (10/2008)

Verfasser

Das Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KEK-2.3 „Konditionierung und Entwässerungskennwerte“ im Auftrag und unter Mitwirkung des DWA-Fachausschusses KEK-2 „Stabilisierung, Entseuchung, Konditionierung, Eindickung und Entwässerung von Schlämmen“ im DWA-Hauptausschuss „Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm“ (HA KEK) erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe KEK-2.3 „Konditionierung und Entwässerungskennwerte“ gehören folgende Mitglieder an:

KOPP, Julia	Dr.-Ing., Lengede (Sprecherin)
DENKERT, Ralf	Dr.-Ing., Bochum (stellv. Sprecher)
EWERT, Wolfgang	Hamburg
GÜNTHER, Lars	Dr.-Ing., Essen
KÖSTER, Helma	Dipl.-Ing., Bremen
RIPKE, Heinrich	Wendeburg
SIEVERS, Michael	Prof. Dr.-Ing., Clausthal-Zellerfeld
STRUBE, Ilka	Dipl.-Ing., Arnsberg
WAGENBACH, Anja	Dipl.-Ing., Hamburg

Dem DWA-Fachausschuss KEK-2 „Stabilisierung, Entseuchung, Konditionierung, Eindickung und Entwässerung von Schlämmen“ gehören folgende Mitglieder an:

LOLL, Ulrich	Dr.-Ing., Darmstadt (Obmann)
KOPP, Julia	Dr.-Ing., Lengede (stellv. Obfrau)
DENKERT, Ralf	Dr.-Ing., Bochum
MELSA, Armin	Prof. Dr.-Ing. E. h., Viersen
ROEDIGER, Markus	Dr.-Ing., Stuttgart
SIEVERS, Michael	Prof. Dr.-Ing., Clausthal-Zellerfeld
URBAN, Ingo	Dr.-Ing., Essen
WOLF, Siegfried	Dipl.-Ing., Ottobrunn

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

REIFENSTUHL, Reinhard	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-----------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Hinweis für die Benutzung	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Begriffe	10
2.1 Definitionen.....	10
2.1.1 Klärschlamm	10
2.1.2 Schlamm	10
2.1.3 Rohschlamm.....	10
2.1.4 gemischter Schlamm	10
2.1.5 Schlammwasser	10
2.1.6 Schlammkonditionierung	10
2.1.7 Wirksubstanz polymerer Flockungsmittel.....	11
2.1.8 Entwässerungsverhalten.....	11
2.1.9 Entwässerbarkeit.....	11
2.1.10 Entwässerungsergebnis.....	11
2.1.11 Exopolymere Substanzen (EPS)	11
2.1.12 Feststoffgehalt.....	11
2.1.13 Trockenmassenkonzentration (C_{TM}) (kg TM/m ³).....	12
2.1.14 Trockensubstanzkonzentration (C_{TS}) (kg TS/m ³)	12
2.1.15 Trockenrückstand (TR) (%)	12
2.1.16 Trockensubstanz (m_{TS}) (kg TS).....	12
2.1.17 Trockenmasse (m_{TM}) (kg TM)	12
2.2 Abkürzungen und Formelzeichen	13
3 Wasserbindung in Klärschlämmen	16
4 Kennwerte und Methoden	18
4.1 Übersicht.....	18
4.2 Basiskennwerte	18
4.2.1 Vorbemerkungen	18
4.2.2 Trockenrückstand (TR)	20
4.2.3 Trockensubstanzkonzentration (C_{TS})	20
4.2.4 Glühverlust (GV), Glührückstand (GR).....	20
4.2.5 pH-Wert	21
4.2.6 Elektrische Leitfähigkeit.....	21
4.2.7 Temperatur	22
4.2.8 Ortho-Phosphat im Faulschlamm	23
4.2.9 Überschussschlammanteil.....	24
4.2.10 Anteil und Art von externen Schlämmen und Co-Substraten.....	27

4.2.11	Mikroskopisches Bild und Fädigkeit	27
4.2.12	Schlammindex (<i>ISV</i>)	27
4.2.13	Konditionierungsmittelmenge	27
4.2.14	Abscheidegrad	28
4.3	Weitergehende Kennwerte	29
4.3.1	Vorbemerkungen	29
4.3.2	Sandanteil	30
4.3.3	Proteingehalt und exopolymere Substanzen (EPS)	30
4.3.4	Einfluss von Kationen auf die Flockenstabilität und Wasserbindung, Kationenverhältnis (<i>M/D</i>)	31
4.3.5	Ammonium-Stickstoff	32
4.3.6	Lipophile Stoffe, Fettgehalt	32
4.3.7	Organische Säuren	33
4.3.8	Redoxpotenzial	33
4.3.9	Puffersysteme in Faulschlämmen	34
4.3.10	Säurekapazität	34
4.3.11	Basenkapazität	34
4.3.12	Partikelgrößenverteilung	34
4.3.13	Kapillare Fließzeit (<i>CST</i>)	35
4.3.14	Spezifischer Filtrationswiderstand und Kompressibilität	36
4.4	Methoden zur Bestimmung des Konditionierungsmittelbedarfs	36
4.4.1	Allgemeines	36
4.4.2	Becherglas-/Flockungstests	38
4.4.3	Zetapotenzial	38
4.4.4	Strömungspotenzial, Streaming-Current-Messung und Beurteilung der Flockenbildung	38
4.4.5	Abtropftest	40
4.5	Methoden zur Prognose des Entwässerungsergebnisses	42
4.5.1	Übersicht zur Methodik	42
4.5.2	Filtrations-Test	42
4.5.3	Laborzentrifugen-Test	43
4.5.4	Messung des freien Wasseranteils, Kennwert <i>TR(A)</i>	44
4.5.5	Rheologische Messung, Bestimmung der Viskosität	46
5	Einflüsse auf die Entwässerungseigenschaften	47
5.1	Allgemeines	47
5.2	Schlammmentstehung	47
5.3	Faulprozess	47
5.4	Faulschlammeigenschaften	49
5.5	Anmerkungen zur Entwässerbarkeit von aerob stabilisierten Schlämmen	51
5.6	Einflüsse der Aluminium-Dosierung zur Bekämpfung fadenförmiger Mikroorganismen	51
6	Hinweise für den praktischen Betrieb	53
6.1	Vorbemerkung	53
6.2	Allgemeines und Hinweise zur Probenahme	54

6.3	Einflüsse der Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung und der Schlammbehandlung.....	54
6.4	Einfluss der Schlammförderung	55
6.5	Schlammkonditionierung mit polymeren Flockungsmitteln	56
6.6	Regulierung polymerer Flockungsmittel in der Düngemittelverordnung	56
6.7	Dokumentation	57
7	Zusammenfassung	59
	Anhang A Erläuterungen zu durchgeführten Untersuchungen	60
	Quellen und Literaturhinweise	65
	Stichwortverzeichnis Definitionen (siehe 2.1)	70

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Wasseranteile einer Klärschlamm suspension	16
Bild 2:	Zusammenhang zwischen Glühverlust und Austragsfeststoffkonzentration bei der Entwässerung verschiedener Schlämme und Schlammarten	21
Bild 3:	Viskosität und Entwässerungsergebnisse (großtechnische Zentrifuge und Laborfilterpresse), Faulschlamm Kläranlage Salzgitter Nord.....	23
Bild 4:	Einfluss der Phosphatkonzentration auf das Entwässerungsergebnis.....	24
Bild 5:	Erreichbares Entwässerungsergebnis, beispielhaft am Kennwert $TR(A)$, und Polymerbedarf in Abhängigkeit von der Schlammart und der Stabilisationszeit	26
Bild 6:	Erreichbares Entwässerungsergebnis als Mittelwert verschiedener Prognosekennwerte in Abhängigkeit vom Überschussschlammanteil.....	26
Bild 7:	Austrag Entwässerung TR (%), in Abhängigkeit zum mono-/divalenten Kationenverhältnis (M/D)	32
Bild 8:	Qualitativer Zusammenhang zwischen feststoffbezogener Flockungsmittelmenge und Austrag Entwässerung TR (%)	36
Bild 9:	Beispiel einer Strömungspotenzialmessung mit Beurteilung der Flockenbildung und Stabilität	40
Bild 10:	Methode Abtropftest	41
Bild 11:	Ergebnisse Abtropftest	41
Bild 12:	Komponenten einer Filtrationsapparatur	42
Bild 13:	Beispiel Auswertung Kennwert Laborschleuder	44
Bild 14:	Trocknungsverlauf eines Faulschlamm	45
Bild 15:	Korrelation zwischen dem Kennwert $TR(A)$ und dem Austrags- TR (%) bei optimalem großtechnischen Entwässerungsprozess	46
Bild 16:	Übersicht zur Schlammentstehung	48
Bild 17:	Zusammenhang und Interaktionen der Schlammkennwerte in einem Faulschlamm	50
Bild 18:	Beispiel für Einflüsse der Al-Dosierung auf den Austrag- TR , Entwässerungs-Zentrifuge.....	52
Bild 19:	Beispiel für Einflüsse der Al-Dosierung auf den spezifischen pFM-Verbrauch, Entwässerungs-Zentrifuge.....	53
Bild 20:	Checkliste zur Schlammentwässerung	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Basiskennwerte	19
Tabelle 2:	Weitergehende Kennwerte	29
Tabelle 3:	Methoden zur Bestimmung des Konditionierungsmittelbedarfs.....	38
Tabelle 4:	Methoden zur Prognose des Entwässerungsergebnisses	42
Tabelle A.1:	Kennwerte von Vorklär-/Primärschlamm (PS)	61
Tabelle A.2:	Kennwerte von Überschuss-/Sekundärschlamm (ÜS)	62
Tabelle A.3:	Kennwerte von Rohschlamm (Mischung aus PS+ÜS).....	63
Tabelle A.4:	Kennwerte von Faulschlamm	64

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

1 Anwendungsbereich

Das Merkblatt soll Planern und Betreibern von Klärschlammbehandlungsanlagen das Verständnis der Vorgänge bei der Schlammmentwässerung erleichtern und Kennwerte der Klärschlammmentwässerung erläutern. Ziel ist es, die Zusammenhänge der zahlreichen Kennwerte sowie Methoden zu vermitteln, sodass im Anwendungsfall das erreichbare Entwässerungsergebnis und der Konditionierungsmittelbedarf abgeschätzt werden können.

Hinsichtlich der erforderlichen Energie, der Energieaufwendungen für den Betrieb und die Weiterbehandlung des Klärschlammes sowie der anfallenden Rückbelastung ist die Qualität der Klärschlammmentwässerung von zentraler Bedeutung. Durch die gezielte Erfassung von Kennwerten wird eine effiziente Prozessführung ermöglicht. Darüber hinaus gibt das Merkblatt Hinweise, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um die Klärschlammmentwässerung zu optimieren.

Nach der Zusammenstellung von Begriffen in Abschnitt 2 werden in Abschnitt 3 zunächst grundlegende Mechanismen der Wasserbindung im Klärschlamm erklärt, um die Vielzahl der Kennwerte und die Prozesse der Schlammmentwässerung besser einordnen zu können.

In Abschnitt 4 werden Kennwerte und Methoden erläutert, die in vier Gruppen eingeteilt sind:

- Basiskennwerte,
- weitergehende Kennwerte,
- Methoden zur Bestimmung des Konditionierungsmittelbedarfs,
- Methoden zur Prognose des Entwässerungsergebnisses.

In Abschnitt 5 wird der Einfluss der Schlammherkunft auf die Entwässerungseigenschaften am Beispiel der anaeroben und aeroben Schlammstabilisierung aufgezeigt. In Abschnitt 6 werden Hinweise für den praktischen Betrieb, Empfehlungen zur Dokumentation der Schlammeneigenschaften sowie zur Probenahme gegeben.

Zur Ergänzung vorhandener Erkenntnisse wurden Laboruntersuchungen durchgeführt, um die Vielzahl der Kennwerte anhand vergleichender Messwerte zu beschreiben (siehe Anhang A).