

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 386

Thermische Behandlung von Klärschlamm durch Verbrennung

Oktober 2026

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 386

Thermische Behandlung von Klärschlamm durch Verbrennung

Oktober 2026

VORSCHAU

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 Gesetzgebung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 13 500 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
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

Siebengebirgsdruck, Bad Honnef

ISBN:

978-3-96862-949-0 (Print)

978-3-96862-950-6 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2026

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden. Die DWA behält sich das Text- und Data-Mining nach § 44b UrhG vor, was hiermit Dritten ohne Zustimmung der DWA untersagt ist.

Dieser Publikation liegt der „Leitfaden für fairen Sprachgebrauch und geschlechtergerechte Kommunikation in der DWA“ (online unter www.dwa.info/genderleitfaden) zugrunde.

Vorwort und Klimakennung

Im Jahr 2017 sind durch die grundlegende Änderung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und nachfolgend durch die Novelle der Düngemittelverordnung (DüMV 2019) die Weichen für die zukünftige Klärschlammentsorgung neu gestellt worden.

Neben den im Abwasser enthaltenen Wertstoffen werden auch Schadstoffe im Klärschlamm aufkonzentriert. Die Klärschlammverordnung gibt daher für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 50.000 Einwohnerwerten zukünftig eine thermische Klärschlammverwertung vor. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Zementwerken, Müllverbrennungsanlagen oder die Behandlung in Klärschlammverbrennungsanlagen künftig nicht ohne vor- oder nachgeschaltete Maßnahmen zum Phosphorrecycling möglich ist.

Aufgrund der Korrelation zwischen den Bereichen der Schlammbehandlung, der thermischen Verwertung bis hin zum Phosphorrecycling, haben sich in den vergangenen Jahren verschiedene DWA-Fachausschüsse mit dem Thema der Klärschlammbehandlung auseinandergesetzt. Neben Fragen zu Emissionen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekten und dem Phosphorrecycling rückten zudem Themen zur ganzheitlichen und nachhaltigen Klärschlammverwertung, im Sinne der Schließung von Wertstoffkreisläufen und der Energieerzeugung, vermehrt in den Vordergrund.

Eine besondere Rolle bei der thermischen Verwertung wird den Klärschlammverbrennungsanlagen beigemessen. Durch die thermische Behandlung von Klärschlamm in Verbrennungsanlagen können nicht nur die meisten enthaltenen Schadstoffe gezielt und zuverlässig zerstört oder gebunden werden, auch der im Klärschlamm chemisch gebundene Energiegehalt kann genutzt werden. Weil Phosphor nahezu vollständig in die Asche übergeht und sich dort anreichert, wird für die weitaus überwiegende Menge des anfallenden Klärschlammes künftig die thermische Vorbehandlung in Klärschlammverbrennungsanlagen die Grundlage bilden, um anschließend Phosphor aus den Aschen zurückzugewinnen.

Die in verschiedenen DWA-Arbeitsberichten und Fachartikeln dargestellten Grundlagen wurden für Klärschlammverbrennungsanlagen in Form des vorliegenden Merkblatts zusammengefasst, aktualisiert und um wichtige Inhalte ergänzt. Zudem flossen Erfahrungen von Technologielieferanten, Verfahrensträgern und Anlagenbetreibern aus aktuellen Projekten und dem Betrieb von Klärschlammverbrennungsanlagen bei der Erarbeitung mit ein.

Aufgrund dieser umfangreichen Entwicklungen hat die DWA-Arbeitsgruppe KEK-3.2 „Klärschlammverbrennung“ das bisherige Merkblatt DWA-M 386 (Dezember 2011) grundlegend überarbeitet.

Die häufig vor der Verbrennung durchgeführte Klärschlamm Trocknung wird im Merkblatt DWA-M 379 „Klärschlamm Trocknung“ (Juni 2021) beschrieben. Die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kraftwerken wird im Merkblatt DWA-M 387 „Thermische Behandlung von Klärschlämmen – Mitverbrennung in Kraftwerken“ (Mai 2012) behandelt.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 386 (12/2011) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Merkblatttitels: Der bisherige Titel „Thermische Behandlung von Klärschlämmen – Monoverbrennung“ wurde geändert in „Thermische Behandlung von Klärschlamm durch Verbrennung“; hiermit wird berücksichtigt, dass der Begriff „Monoverbrennung“ in der AbfKlärV (2017) nicht definiert ist und stattdessen der Begriff „Klärschlammverbrennungsanlage“ verwendet wird;
- b) grundlegende Überarbeitung und Neustrukturierung: es erfolgte eine Fokussierung auf die Technik der Wirbelschichtfeuerung; es werden auch andere Verbrennungsverfahren betrachtet (Drehrohrverfahren, Rostfeuerung, Etagenofen und Etagenwirbler); ergänzt wurde ein Schwerpunkt auf betriebliche Aspekte;

- c) Berücksichtigung des im Jahr 2019 veröffentlichten BVT-Merkblatts über Abfallverbrennungsanlagen und der BVT-Schlussfolgerungen sowie deren im Jahr 2024 erfolgte nationale Umsetzung in der 17. BImSchV;
- d) Berücksichtigung der Verpflichtung zum Phosphorrecycling aus der phosphorhaltigen Asche;
- e) Aufnahme von technischen Hinweisen zur Verringerung von Lachgas-Emissionen;
- f) neue Checkliste zum Betrieb einer Klärschlammverbrennungsanlage (Zusatzdatei: DWAdirekt-Download)¹⁾;
- g) Anlagensteckbriefe (Zusatzdatei: DWAdirekt-Download²⁾);
- h) Anpassung an die geltenden Gestaltungsregeln nach der Geschäftsordnung für die Gremien- und Regelwerksarbeit der DWA.

Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 386 (12/2011)

DWA-Klimakennung

Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung ausgezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Klimaschutz auseinandersetzt. Dieses Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

KA0 = Das Merkblatt hat keinen Bezug zur Klimaanpassung

KS2 = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

BEGRÜNDUNG: Das vorliegende Merkblatt hat direkten Bezug zum Klimaschutz: Die fachgerechte Auslegung und der Betrieb von Klärschlammverbrennungsanlagen sind Voraussetzungen für einen energieeffizienten und emissionsarmen Betrieb der Anlagen. Entsprechende Hinweise gibt das Merkblatt unter anderem im Abschnitt 8 zur Abwärmenutzung, im Abschnitt 9 zu Energiebilanzen und Wirkungsgraden und im Abschnitt 10 zu Emissionen und zur Abgasreinigung.

Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimakennung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter www.dwa.info/klimakennung verfügbar ist.

1) Download unter www.dwadirekt.de; dort: → Publikationen → Zusatzdateien → Merkblatt DWA-M 386.

2) ebd.

Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KEK-3.2 „Klärschlammverbrennung“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm“ (HA KEK) im DWA-Fachausschuss KEK-3 „Thermische Klärschlammbehandlung“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe KEK-3.2 „Klärschlammverbrennung“ gehören folgende Mitglieder an:

HASLWIMMER, Thomas	Dipl.-Ing., Böblingen (Sprecher)
DOUS, Andreas	Helmstedt (stellv. Sprecher)
FEHR, Günter	Dr.-Ing., Hannover
FRANCK, Jörn	Dipl.-Ing., Hamburg
GEYER, Jürgen	Dr.-Ing., Bad Waldsee
GODAWA, Yvonne	Dipl.-Ing., Frankfurt
HEIDECHE, Patric	M. Sc., Dessau-Roßlau
HÜNCHEN, Heike	Dipl.-Ing., Ratingen
KNAKE, Alexander	Dr.-Ing., Bottrop
KRISTKEITZ, Rainer	Dipl.-Ing., München
LEHRMANN, Falko	Dipl.-Ing., Olfen
LETZEL, Jürgen	Dipl.-Ing., Hamburg
MAURER, Martin	Dipl.-Ing., Karlsruhe
OTTE-WITTE, Rolf	Dr.-Ing., Elze
PROCHNOW, Tobias	M. Eng., Rostock
QUICKER, Peter	Prof. Dr.-Ing., Aachen
SALOMON, Dirk	Dipl.-Ing., Wuppertal
SCHMITTEL, Peter	Dr.-Ing., Frankenthal
SCHNELL, Matthias	Dr.-Ing., Aachen
SCHUMACHER, Bert	Dipl.-Ing., Detmold
SCHWEBEL, Georg	Dr.-Ing., Niederfischbach
SIJSTERMANS, Luc	M. Sc., PM Moerdijk (Niederlande)
SIX, Jörg	Dr. rer. nat., Hagen
TOMALLA, Manfred	Dr.-Ing., Kreuztal

Dem DWA-Fachausschuss KEK-3 „Thermische Klärschlammbehandlung“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHMITTEL, Peter	Dr.-Ing., Frankenthal (Obmann)
HASLWIMMER, Thomas	Dipl.-Ing., Böblingen (stellv. Obmann)
BORGMANN, Thomas	Dipl.-Ing., Lünen
BEATT, Berend	Dipl.-Ing., Bremen
GODAWA, Yvonne	Dipl.-Ing., Frankfurt
HANßEN, Harald	Dipl.-Ing., Hamburg
HOCHGÜRTEL, Herbert	Dipl.-Ing., Mainz
HOMANN, Leo	Dipl.-Ing., Karlsbad-Ittersbach
JASPER, Matthias	Dipl.-Ing., Lemgo
KAPPA, Sven	Dipl.-Ing., Cottbus
KNAKE, Alexander	Dr.-Ing., Bottrop
KRISTKEITZ, Rainer	Dipl.-Ing., München
LEHRMANN, Falko	Dipl.-Ing., Olfen
MAURER, Martin	Dipl.-Ing., Karlsruhe
SALOMON, Dirk	Dipl.-Ing., Wuppertal
SCHÄFER, Erwin	Neu-Ulm
SIJSTERMANS, Luc	M. Sc., PM Moerdijk (Niederlande)
Six, Jörg	Dr. rer. nat., Hagen
TOMALLA, Manfred	Dr.-Ing., Kreuztal
WEIDEMANN, Mareike	M. Sc., Hannover

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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

Inhalt

Vorwort und Klimakennung	3
Verfasserinnen und Verfasser	5
Bilderverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	12
Hinweis für die Benutzung	13
Einleitung	13
1 Anwendungsbereich	14
2 Verweisungen	15
3 Begriffe	15
3.1 Definitionen	15
3.2 Abkürzungen und Formelzeichen	18
4 Brennstoffeigenschaften von Klärschlamm	23
4.1 Charakteristische Klärschlammeigenschaften in Bezug auf die thermische Verwertung	23
4.2 Glühverlust	24
4.3 Bestimmung der Heizwerte	24
4.3.1 Heizwert	24
4.3.2 Analytik	25
4.3.3 Überschlägige Berechnung des Heizwerts von Klärschlamm	25
4.4 Konsistenz, Körnung, eventuell Störstoffe	25
4.5 Aschegehalt	26
4.6 Sonstige Stoffe	26
5 Trocknung als Vorstufe zur Klärschlammverbrennung	27
5.1 Vorbemerkung	27
5.2 Teiltrocknung	27
5.3 Volltrocknung	28
5.4 Behandlung der Brüden und Abluft aus der Trocknung	28
5.4.1 Verfahrensvarianten zur Brüden- und Abluftbehandlung	28
5.4.2 Behandlung der Brüden und Abluft ohne Kondensation	29
5.4.2.1 Vorbemerkungen	29
5.4.2.2 Brüden- und Abluftbehandlung im Verbrennungsprozess	29
5.4.2.3 Brüden-/Abluftbehandlung außerhalb des Verbrennungsofens	29
5.4.3 Kondensation des verdampften Wassers nach der Klärschlamm-trocknung	30
5.4.3.1 Verfahrenskombinationen zur Brüdenkondensatbehandlung	30
5.4.3.2 Auskopplung der Kondensationswärme	30
5.4.3.3 Einleitbedingungen	31
5.4.3.4 Kondensatbehandlung	31
5.4.3.5 Eigenschaften des Brüdenkondensats	31
5.4.4 Verfahren zur Brüdenkondensatbehandlung	32

5.4.4.1	Vorbemerkungen	32
5.4.4.2	Behandlungsschritte	33
5.4.4.3	Ammoniak-Strippung (Verfahrensvariante A)	34
5.4.4.4	Membranbasierte Brüdenkondensatbehandlung	35
5.4.4.5	Biologische Behandlung	35
5.5	Abgasbehandlung (nicht kondensierbare Bestandteile)	36
6	Klärschlammannahme, -lagerung und -transport	37
6.1	Annahme- und Lagerkapazitäten	37
6.1.1	Auslegungshinweise	37
6.1.2	Mechanisch entwässerter Klärschlamm	38
6.1.2.1	Vorbemerkungen	38
6.1.2.2	Annahmebunker	38
6.1.2.3	Abkipfstelle für Tiefbunker mit Greifersystem	39
6.1.2.4	Störstoffabscheider	39
6.1.3	Teilgetrockneter Klärschlamm	39
6.1.4	Vollgetrockneter Klärschlamm	40
6.1.5	Annahmekontrolle und Qualitätssicherung, Probenahme und Analysen (Programm)	40
6.2	Klärschlamlagerung	41
6.2.1	Mechanisch entwässerter Klärschlamm	41
6.2.2	Teilgetrockneter Klärschlamm	41
6.2.3	Vollgetrockneter Klärschlamm	41
6.3	Klärschlammtransport	42
6.3.1	Mechanisch entwässerter Klärschlamm	42
6.3.2	Teilgetrockneter Klärschlamm	43
6.3.3	Vollgetrockneter Klärschlamm	43
6.4	Dosiereinrichtung und Zuleitung zum Verbrennungssofen	43
6.4.1	Vorbemerkung	43
6.4.2	Klärschlammeintrag in separaten Teilströmen	44
6.4.2.1	Mechanisch entwässerter Klärschlamm	44
6.4.2.2	Angelieferter teilgetrockneter Klärschlamm	44
6.4.2.3	Vollgetrockneter Klärschlamm	44
6.4.3	Mischung von vollgetrocknetem mit entwässertem Klärschlamm	45
6.5	Nebenanlagen	45
6.5.1	Aspirationssystem	45
6.5.2	Aspirationsluftbehandlung	45
6.5.3	Abwasser- und Kondensatbehandlung	46
6.6	Sicherheitstechnische Aspekte	46
7	Thermische Klärschlammbehandlung	46
7.1	Verfahrensübersicht	46
7.2	Thermische Verfahren	47
7.2.1	Wirbelschichtverfahren	47
7.2.1.1	Vorbemerkung	47
7.2.1.2	Aufbau und Funktionsweise	47
7.2.1.3	Wesentliches Regelungskonzept	51

7.2.1.4	Sicherheitskonzept	52
7.2.1.5	An- und Abfahrkonzept.....	52
7.2.2	Drehrohrverfahren	52
7.2.2.1	Aufbau und Funktionsweise	52
7.2.2.2	Wesentliches Regelungskonzept	54
7.2.2.3	Sicherheitskonzept	54
7.2.2.4	An- und Abfahrkonzept.....	54
7.2.3	Sonstige Verfahren	54
7.2.3.1	Rostfeuerung	54
7.2.3.2	Etagenofen und Etagenwirbler	55
7.3	Feuerungsleistungsdiagramm	56
8	Systeme der Abwärmenutzung	57
8.1	Wasser-Dampf-Kreislauf	57
8.1.1	Dampferzeuger	57
8.1.1.1	Aufbau und Funktionsweise	57
8.1.1.2	Dampfturbinen-Prozess	58
8.1.1.3	Nebenanlagen	59
8.1.2	Sicherheitskonzept	59
8.2	Thermoölkreislauf	60
8.2.1	Abhitzeessel mit Thermoölkreislauf	60
8.2.1.1	Vorbemerkungen	60
8.2.1.2	Bauformen der Thermoölkessel	61
8.2.1.3	Sicherheitskonzept Thermoölsystem	61
9	Massen- und Energiebilanzen, Wirkungsgrade	62
9.1	Allgemeines	62
9.2	Bilanzierung der Klärschlammbehandlungsanlage	62
9.3	Kesselwirkungsgrad	64
10	Emissionen und Abgasreinigung	66
10.1	Grundlagen.....	66
10.2	Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO ₂).....	68
10.3	Stickoxide, Ammoniak	68
10.4	Lachgas	71
10.5	Staubabscheidung	72
10.5.1	Staubanfall und Verfahren zur Staubabscheidung	72
10.5.2	Trockenelektrofilter	72
10.5.3	Fliehkraftabscheider	74
10.5.4	Filternde Abscheider	75
10.5.4.1	Funktionsprinzip	75
10.5.4.2	Faserschichtfilter (Gewebefilter)	76
10.6	Saure Schadgase	77
10.6.1	Reaktionsmechanismen zur Abscheidung saurer Schadgase	77
10.6.2	Ca(OH) ₂ -Verfahren	79
10.6.3	NaHCO ₃ -Verfahren	79
10.6.4	Natronlauge-Verfahren	79

10.7	Trocken-Additiv-Verfahren (TAV)	80
10.8	Verfahrenstechnik zur Abscheidung saurer Schädgase	81
10.8.1	Einteilung der Abscheideverfahren	81
10.8.2	Sorptionsmittel	82
10.8.3	Nassverfahren	82
10.8.3.1	Verfahrensprinzip	82
10.8.3.2	Wäscherbauarten	83
10.8.3.3	Saure Wäsche	84
10.8.3.4	Neutrale Wäsche	85
10.9	Quecksilber	85
10.9.1	Eigenschaften und Oxidationsreaktionen von Quecksilber	85
10.9.2	Quecksilberabscheidung	87
10.9.3	Abscheidung des Quecksilbers durch Oxidation und Absorption	87
10.9.3.1	Vorbemerkungen	87
10.9.3.2	Abscheidung des Quecksilbers durch Adsorption	87
10.10	Organische Schadstoffe	88
10.10.1	Eigenschaften und Reaktionsmechanismen	88
10.11	Verfahrenstechnik zur Abscheidung von organischen Bestandteilen und Schwermetallen	90
10.11.1	Vorbemerkungen	90
10.11.2	Adsorptionsverfahren	90
10.11.3	Flugstrom- Filterschicht- Verfahren	90
10.12	Verfahrenstechnik zur Abscheidung von Ammoniak	91
10.13	Abwasser aus der Abgasreinigung	91
10.14	Wasserbilanz der Abgasreinigung	92
10.15	Regelungen und Steuerungen der Abgasreinigung	93
11	Rückstände aus der Abgasreinigung	94
11.1	Vorbemerkung	94
11.2	Rückstände aus der Verbrennung	94
11.3	Phosphorrecycling aus phosphorhaltigen Aschen	95
11.4	Rückstände aus der Abgasreinigung	96
12	Betreiberverantwortung / Betreiberpflichten	98
13	Kosten der Klärschlammverbrennung	99
13.1	Bilanzrahmen	99
13.2	Kostengruppen	100
13.2.1	Einteilung der Kostengruppen	100
13.2.2	Kapitalkosten	101
13.2.3	Betriebskosten	102
13.2.3.1	Energiekosten	102
13.2.3.2	Betriebsmittelkosten	102
13.2.3.3	Kosten für Wartung und Instandhaltung	103
13.2.3.4	Personalkosten	103
13.2.3.5	Entsorgungskosten	104
13.2.4	Kostenanalyse und Kostenoptimierung	104
13.2.4.1	Kostenanalyse	104
13.2.4.2	Kostenoptimierung	105

Anhang A Leitfaden zum Betrieb einer Klärschlammverbrennungsanlage (KVA)	106
A.1 Themenblöcke	106
A.2 Dokumentationen	109
Quellen und Literaturhinweise	112

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Beispielhafte Verfahrenskombinationen zur Brüdenkondensatbehandlung	33
Bild 2:	Beispielhafte Ammoniakstrippung	34
Bild 3:	Fluidisierungsdiagramm – Druckverlust in Abhängigkeit von der Fluidisierungsgeschwindigkeit	47
Bild 4:	Schematische Darstellung einer stationären Wirbelschicht	48
Bild 5:	Ausführungen des Düsenbodens	49
Bild 6:	Prozess-Schema Drehrohröfen am Beispiel des EuPhoRe®-Verfahrens	53
Bild 7:	Feuerungsleistungsdiagramm einer Wirbelschichtanlage ohne Luftvorwärmung ...	56
Bild 8:	Naturumlaufkessel	57
Bild 9:	Dampfturbinenprozess	58
Bild 10:	Prozess-Schema für die Bilanzierung einer Klärschlammverbrennungsanlage	63
Bild 11:	Bilanzraum Kessel	65
Bild 12:	Verfahrenstechnische Stufen der Klärschlammverbrennung/Abgasreinigung	67
Bild 13:	Bildungsmechanismen von Stickoxiden bei der Verbrennung	69
Bild 14:	Verfahrensprinzip der gestuften Verbrennung zur Verringerung der Stickoxidemissionen	69
Bild 15:	N ₂ O-Konzentration und Ofenkopftemperatur	71
Bild 16:	Prinzipieller Aufbau eines Trockenelektrofilters	73
Bild 17:	Prinzipieller Aufbau eines Gewebefilters mit mehreren Kammern	76
Bild 18:	Einteilung der Verfahren zur Minderung saurer Schadgase nach der thermischen Abfallbehandlung	81
Bild 19:	Beispiele für Sprühturmwäscher (Düsenwäscher) und Füllkörperwäscher	84
Bild 20:	Quecksilber im Rohgas in Abhängigkeit vom Chlorgehalt im Klärschlamm	86
Bild 21:	Dioxin- und Furanbildung in Abhängigkeit vom S/Cl-Verhältnis	89
Bild 22:	Prinzip des Flugstrom-Filterschichtverfahrens	91
Bild 23:	Verfahrenstechnische Stufen in Verbindung mit dem Wassereintrag und -austrag	92
Bild 24:	Optionen Phosphorrückgewinnung ab 2029	95
Bild 25:	Exemplarischer Ausschnitt – Checkliste für den Betrieb einer Klärschlammverbrennungsanlage (KVA)	98

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Im Merkblatt verwendete Abkürzungen	18
Tabelle 2:	Im Merkblatt verwendete Formelzeichen	21
Tabelle 3:	Im Merkblatt verwendete Indizes	22
Tabelle 4:	Typische Eigenschaften des Brüdenkondensats	32
Tabelle 5:	Betriebsparameter für Dampf- und Luftstrippung	35
Tabelle 6:	Eignung verschiedener Verfahren zur Abgasreinigung	68
Tabelle 7:	Kenndaten von Trockenelektrofiltern	74
Tabelle 8:	Kenndaten von Fliehkraftabscheidern	75
Tabelle 9:	Kenndaten von Gewebefiltern	77
Tabelle 10:	Eingesetzte Sorptionsmittel und Chemikalien bei nassen Abgasreinigungsverfahren	83
Tabelle 11:	Hauptelemente der Ascheproben in Masse-% gemäß UBA-Studie	95
Tabelle 12:	Kostenberechnung	101
Tabelle 13:	Beispielhafte Betriebsmittelverbräuche	102

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung und Geschäftsordnungen der DWA) 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.

Einleitung

Die Klärschlammverbrennung ist der wichtigste Entsorgungspfad für Klärschlamm in Deutschland. Im Jahr 2024 wurden 82 % des Aufkommens kommunaler Klärschlämme in Höhe von 1,666 Mio. Mg TM einer thermischen Behandlung zugeführt (DESTATIS 2025). Die bodenbezogene Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau ist in den letzten Jahren gegenläufig zur thermischen Behandlung deutlich zurückgegangen. Dies ist insbesondere auf die Umsetzung eines vorsorgenden Boden- und Gewässerschutzes im Rahmen der Gesetzgebung zurückzuführen, um Umweltauswirkungen durch einen Eintrag im Klärschlamm enthaltener Schadstoffe vorzubeugen.

Die Ziele der Klärschlammverbrennung sind die thermische Zersetzung und vollständige Oxidation organischer Substanzen und Schadstoffe bei hohen Temperaturen. Bei gleichzeitiger Einhaltung emissionsrechtlicher Vorgaben wird somit eine umweltgerechte Klärschlamm Entsorgung ermöglicht. Die anfallende Klärschlammverbrennungsasche bietet sich als Ausgangsstoff für die ab dem Jahr 2029 gesetzlich vorgeschriebene Phosphor-Rückgewinnung an, da der im Klärschlamm enthaltene Phosphor bei der Verbrennung im Feststoff konzentriert wird. Bei der Verbrennung wird die chemisch im Klärschlamm gespeicherte Energie in Wärme umgewandelt, um sie zum Beispiel durch Dampf- oder Stromproduktion nutzbar zu machen.

Im Jahr 2024 wurden 1.370.233 Mg TM kommunale Klärschlämme thermisch behandelt, wobei ca. 54 % dieser Klärschlämme (733.758 Mg TM) in 29 Klärschlammverbrennungsanlagen verbrannt wurden. Ca. 592.265 Mg TM der kommunalen Klärschlämme wurden in Kohlekraftwerken, Zementfabriken und Abfallverbrennungsanlagen mitverbrannt (DESTATIS 2025).

Die Mitverbrennung von Klärschlamm wird aufgrund der ab dem Jahr 2029 geltenden Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung sowie dem Ausstieg Deutschlands aus der Kohleverstromung zukünftig jedoch deutlich abnehmen. Das Thema Klärschlamm-Mitverbrennung ist nicht Bestandteil des vorliegenden Merkblatts, sondern wird im Merkblatt DWA-M 387 separat behandelt.

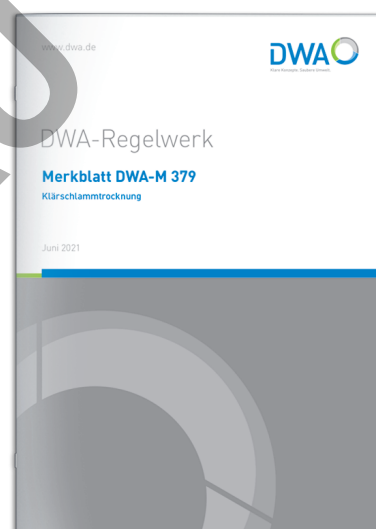
Die Klärschlammverbrennung in eigens dafür errichteten Anlagen, welche häufig auch als Monoverbrennungen bezeichnet werden, erfolgt in Deutschland überwiegend in großen zentralen Anlagen mit stationärer Wirbelschichttechnik. Aktuell befinden sich zahlreiche neue Klärschlammverbrennungsanlagen in der Planung, im Bau oder bereits in der Inbetriebnahme. Der überwiegende Teil dieser

Merkblatt DWA-M 379

Klärschlamm-trocknung

Das Merkblatt führt in die technischen Belange der Trocknungsverfahren ein. Ziel ist es, Planenden oder Betreiber von Klärschlammbehandlungsanlagen den Zugang zur Klärschlamm-trocknung zu erleichtern. Dazu werden die Möglichkeiten und Anwendungsbereiche verschiedener Trocknungssysteme dargestellt und aufbereitet, sodass die Entscheidung zum Einsatz einer Trocknungsanlage sachgerecht fundiert und die Wahl auf guter Grundlage ermöglicht werden.

Im Jahr 2017 sind durch die Fortschreibung maßgeblicher Regelungen zur Klärschlammbehandlung und -verwertung die Weichen für die zukünftige Klärschlamm-trocknung neu gestellt worden. Es wurde ein erheblicher Ausbau von Kapazitäten zur Klärschlammverbrennung erwartet. Im Zuge dieser Entwicklung gewinnen auch die Verfahren zur Trocknung von Klärschlämmen an Bedeutung.



Juni 2021, 98 Seiten, A4

Sofern nicht anders gekennzeichnet als Print, E-Book oder Kombi Print & E-Book erhältlich.
Fördernde DWA-Mitglieder erhalten 20 % Rabatt auf den Ladenpreis.

Deutscher Verein für Wasserwirtschaft, Abwasser
und Abfall e. V. (DWA)

Kundenzentrum

Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef

Tel.: +49 2242 872-333

info@dwa.de | www.dwa.info/shop

Bestellen Sie Ihre Fachliteratur
direkt hier online



Das DWA-Regelwerk im Abonnement

DWA-Regelwerk Online

Ihre Vorteile der Vollversion:

- Zu jeder Zeit die **aktuelle Gesamtversion** im PDF-Format
- Alle Arbeits- und Merkblätter inklusive Entwürfe und DIN/DWA-Gemeinschaftspublikationen
- **Viel günstiger** als im Einzelkauf
- Volltextsuche, Erscheinungshistorie, Favoritensammlung
- Für Hochschulen zubuchbar über Nautos Sammlungen Regelwerke von DIN Media

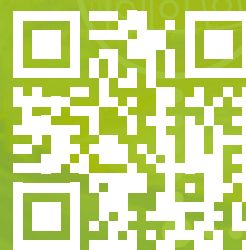
Sie interessieren nur bestimmte Bereiche des DWA-Regelwerks?

Dann ist ein Teilabonnement genau das Richtige für Sie!

- Wählen Sie zwischen den Themen Abwasser, Wasserwirtschaft und TRWS
- Genießen Sie **alle Vorteile** der Vollversion, nur für **Ihren Schwerpunkt**



Sparen Sie Zeit und Geld



Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

Kundenzentrum

Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef

Tel.: +49 2242 872-333

info@dwa.de | www.dwa.info/shop

Bestellen Sie Ihre Fachliteratur
direkt hier online



VORSCHAU

Das Merkblatt DWA-M 386 gibt grundlegende Hinweise zur technischen Ausführung und zum Betrieb von Anlagen zur Klärschlammverbrennung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Anlagen mit stationärer Wirbelschichtfeuerung. Es werden die Möglichkeiten zur Nutzung der Abwärme und Verfahren zur Emissionsminderung und Abgasreinigung betrachtet. Hinweise zu den rechtlichen Rahmenbedingungen, zur Betriebsorganisation und zu Wirtschaftlichkeitsaspekten runden das Merkblatt ab.

Die thermische Behandlung von Klärschlämmen stellt in Deutschland den mengenmäßig wichtigsten Entsorgungsweg dar. Sie trägt damit wesentlich zu einer zukunftssicheren, wirtschaftlichen und umweltgerechten Entsorgung von Klärschlämmen bei. Seit Ende der 80er Jahre ist der Anteil der Schlämme, die einer thermischen Behandlung zugeführt werden, von ca. 12 % auf inzwischen ca. 82 % gestiegen. Derzeit wird noch ein wesentlicher Anteil von ca. 36 % der Klärschlämme einer Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Zementwerken und Müllverbrennungsanlagen zugeführt. Im Jahr 2017 wurden durch die Fortschreibung maßgeblicher Regelungen zur Klärschlammbehandlung und -verwertung die Weichen für die zukünftige Klärschlamm Entsorgung neu gestellt. Aufgrund der in 2029 greifenden Pflicht der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) zur Phosphorrückgewinnung sowie dem mit der Energiewende verbundenen Ausstieg aus der Kohleverstromung wird künftig der weitaus überwiegende Anteil des Klärschlammes in Klärschlammverbrennungsanlagen behandelt werden.

Fachplanenden und Betreibern von Klärschlammverbrennungsanlagen wird somit eine Basis für die Konzeptfindung während der Planungsphase sowie für Entscheidungen über Investitionen beim Neubau an die Hand sowie wichtige Hinweise für den Betrieb von Klärschlammverbrennungsanlagen gegeben. Auch Maschinen- und Anlagenbauern gibt das Merkblatt wichtige Hinweise; es beinhaltet jedoch keine detaillierten Bemessungsregeln für verfahrenstechnische Anlagen oder Anlagenteile.

ISBN: 978-3-96862-949-0 (Print)
978-3-96862-950-6 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 | info@dwa.de | www.dwa.de