

Rechtliche Vorgaben der Klärschlammverordnung und deren Auswirkungen auf die Phosphor-Rückgewinnung

4. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1*)

Zusammenfassung

Im Abfalltechnik-Ausschuss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) wurde eine Vollzugshilfe zur Klärschlammverordnung erarbeitet, die nach Verabschiedung durch die Umweltministerkonferenz Mitte Mai 2020 als LAGA-Merkblatt M-39 veröffentlicht wurde. Im vorliegenden vierten Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 werden verschiedene Aspekte der ab dem Jahr 2029 geltenden Regelungen aufgegriffen und damit einige Punkte des LAGA M-39 hinsichtlich der technischen Auswirkungen für den Kläranlagenbetreiber konkret ausgeführt.

Schlagwörter: Klärschlamm, Recht, Klärschlammverordnung, Phosphor-Rückgewinnung, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Merkblatt LAGA M-39

DOI: 10.3242/kae2022.05.005

Abstract

Legal requirements set out in the German Sewage Sludge Ordinance and their impact on phosphorus recovery

The Waste Technology Committee within the German Federal/State Working Group on Waste (LAGA) developed an implementation tool for the German Sewage Sludge Ordinance. Once approved by the Conference of Environment Ministers in mid-May 2020, this tool was published as LAGA Leaflet M-39. This fourth working report from DWA working group KEK-1.1 addresses various aspects of the regulations that will apply from 2029 and specifically elaborates some points contained in LAGA M-39 in terms of their technical implications for sewage treatment plant operators.

Key Words: sewage sludge, law, Sewage Sludge Ordinance, phosphorus recovery, Federal/State Working Group on Waste (LAGA), Leaflet LAGA M-39

1 Einleitung

Am 3. Oktober 2017 ist die geltende Klärschlammverordnung (Art. 1 der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27. September 2017 – „Novelle AbfKlärV“) [1] in Kraft getreten. Neue Regelungen betreffen insbesondere den weitgehenden Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung in Verbindung mit einer Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm bzw. Klärschlammverbrennungsasche. Nach wie vor ist jedoch auch eine Phosphor-Rückgewinnung aus Abwasser bzw. Schlammwasser ein möglicher Weg, Phosphoresourcen zu schonen und Phosphorgehalte im Klärschlamm zu reduzieren, auch wenn die Medien Abwasser und Schlammwasser selbst nicht dem Regelungsbereich der Klärschlammver-

ordnung unterliegen. Im Abfalltechnik-Ausschuss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) wurde eine Vollzugshilfe zur Klärschlammverordnung erarbeitet, die nach Verabschiedung durch die Umweltministerkonferenz seit Mitte Mai 2020 als LAGA-Merkblatt M-39 [2] veröffentlicht wurde. Im vorliegenden vierten Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe KEK-1.1 werden verschiedene Aspekte der ab dem Jahr 2029 geltenden Regelungen (Art. 5 Novelle AbfKlärV) aufgegriffen und damit einige Punkte des LAGA M-39 hinsichtlich der technischen Auswirkungen für den Kläranlagenbetreiber konkret ausgeführt.

2 Geltungsbereich der Klärschlammverordnung

Ab dem Jahr 2029 besteht für alle Kläranlagen, die kommunales Abwasser behandeln, eine Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung unabhängig von der Ausbaugröße. Diese Regelung gilt auch für Kläranlagen von Industrie- und Gewerbebetrieben, bei denen ein Abwasser behandelt wird, das in seiner stofflichen Zusammensetzung einem häuslichen und kommunalen Abwasser gemäß Anhang 1 der Abwasserverordnung vergleichbar ist. Im Regelfall kann dies bei Betrieben angenommen werden, die im Anhang 3 der EU-Richtlinie 91/271/EWG [3] genannt sind und bei denen Sanitär- und Produktionsabwässer nicht getrennt werden. Ausgenommen von der allgemeinen Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung sind von den vorgenannten Kläran-

*) An diesem Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 „Wertstoffrückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm und Klärschlammaschen“ haben mitgearbeitet: Dr.-Ing. David Montag (Aachen, Sprecher), Dr.-Ing. Christian Adam (Berlin), Prof. Dr.-Ing. Peter Baumann (Stuttgart), Dr. Daniel Frank (Frankfurt a. M.), Dr. Christian Kabbe (Berlin), Dr.-Ing. Daniel Klein (Essen), Dipl.-Ing. Carsten Meyer (Stuttgart), Prof. Dr. Mario Mocker (Amberg), Dr. Dipl.-Ing. ETH Leo Morf (Zürich/Schweiz), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp (Aachen), Dr. Andrea Roskosch (Berlin), Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Schaum (Neubiberg), Dipl.-Ing. Walter Schneichel (Mainz), Dr.-Ing. Yvonne Schneider (Essen), Dr.-Ing. Martin Wett (Merklingen). Als Gäste: Dr. Ute Arnold (Bonn), Patric Heidecke, M. Sc. (Dessau-Roßlau), Theresa Sichler, M. Sc. (Berlin). – Kontakt in der DWA-Bundesgeschäftsstelle: Dipl.-Ing. Reinhard Reifenstuhl, E-Mail: reifenstuhl@dwa.de

Valmet TS Gen 4 mit einem Messbereich von 0-50% TS!

Die zuverlässige Messung für herausfordernde Anwendungen



- Primärschlammabzug
- Ein- und Ausgang Schlammwässerung
- Eingang Schlamm Trocknung

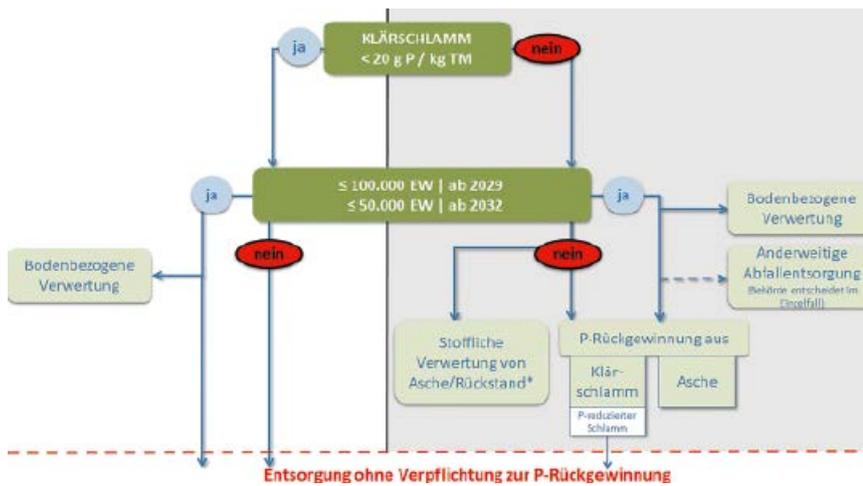
Valmet hat auch eine TS Messung für den Austrag der Trocknung!

Besuchen Sie uns vom
30. Mai - 03. Juni 2022
auf der IFAT Halle C1; Stand 316



valmet.com/Abwasserbehandlung

Valmet 
FORWARD



*) kohlenstoffhaltiger Rückstand aus der Klärschlamm- und Pyrolyse

Abb. 1: Fließschema der Klärschlamm-entsorgung nach AbfKlärV 2017

lagen lediglich solche mit phosphorarmen Schlämmen, die Gehalte von weniger als 20 g P/kg TM¹⁾ aufweisen (Abbildung 1). Bezugsgröße ist der Phosphor, nicht das zuweilen angegebene Phosphorpentoxid (P₂O₅), wobei 1 g P₂O₅ etwa 0,436 g P entspricht.

Neben der Durchführung einer technischen Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm oder aus Klärschlamm-Asche besteht die Möglichkeit, die Klärschlamm-Asche aus der Klärschlammverbrennung oder Rückstände aus der weniger verbreiteten Schmelzvergasung (Prozesstemperatur > 1450°C, vgl. DüMV Tabelle 6, Nr. 6.2.5) stofflich zu verwerten. Mit der stofflichen Verwertung ist in erster Linie die direkte bodenbezogene Ausbringung gemeint, die bei den Rückständen unter anderem aufgrund unzureichender Düngewirkung zum Teil kritisch gesehen wird.

Nach gegenwärtigen Vorgaben des Düngerechts ist eine bodenbezogene Verwertung von kohlenstoffhaltigen Rückständen aus Pyrolyse und Hydrothermalen Carbonisierung (HTC) als Hauptbestandteil von Düngemitteln nicht zulässig. Dies gilt für Rückstände aus der Abwasserbehandlung. Ob eine Verwertung als Nebenbestandteil bzw. als Aufbereitungs- oder Anwendungshilfsmittel (das heißt Beimischung zu anderen Düngemitteln) im Einzelfall zulässig sein kann, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend geklärt. Die Düngemittelverordnung fordert für die Zugabe von Aufbereitungs- oder Anwendungshilfsmitteln, dass dies „in der Regel gezielt wegen eines zusätzlichen produktions- oder anwendungstechnischen Nutzens [...] als Hilfsmittel zur Unterstützung der Anwendung oder Aufbereitung erfolgt“ (DüMV, Anlage 2, Tabelle 8). Die Anhänge zur EU-Düngemittelverordnung wurden aktuell um Vorgaben unter anderem zu sogenannten Biokohlen ergänzt. Dort sind jedoch Klärschlämme als Ausgangsstoffe ausgeschlossen, sodass die Möglichkeit, Rückstände aus einer Behandlung von Klärschlamm in Pyrolyse- oder HTC-Anlagen als EU-Düngepro-

dukt zuzulassen, nach aktueller Einschätzung nicht gegeben ist.

Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von bis zu 100 000 Einwohnerwerte (EW) (ab dem Jahr 2032: 50 000 EW) können ihren Klärschlamm alternativ bodenbezogen verwerten, sofern die entsprechenden Grenzwerte eingehalten werden. Wird beim Klärschlamm nach Abschluss der abwassertechnischen Behandlung eine Phosphor-Rückgewinnung durchgeführt, darf der Phosphor-abgereicherte Klärschlamm nicht mehr bodenbezogen verwertet werden.

Für Kläranlagen mit bis zu 100 000 EW (ab dem Jahr 2032: 50 000 EW) kann darüber hinaus auch ausnahmsweise eine zeitlich begrenzte anderweitige Abfallentsorgung ohne Phosphor-Rückgewinnung (zum Beispiel Zementwerk, Kohlekraftwerk, Müllverbrennungsanlage) zugelassen werden, falls eine bodenbezogene Verwertung oder eine Phosphor-Rückgewinnung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar sind. Es handelt sich hierbei um Ausnahmen, die im Einzelfall von den zuständigen Behörden zu prüfen sind (siehe Kapitel 6).

3 Phosphor-Rückgewinnung außerhalb des Geltungsbereichs der Klärschlammverordnung

Die Vollzugshilfe der LAGA stellt klar, dass der Geltungsbereich der AbfKlärV erst nach Abschluss der „abwassertechnischen Behandlung“ beginnt. Maßnahmen zur Phosphor-Rückgewinnung, die vorher ansetzen, unterliegen dem Wasserrecht (die Vollzugshilfe nennt explizit die mögliche Phosphor-Rückgewinnung aus „Rohschlamm“). Der Geltungsbereich des Wasserrechts umfasst auch den Faulschlamm bzw. stabilisierten Schlamm, sofern dieser nach der Stabilisierung (im Rahmen der abwassertechnischen Behandlung) noch entwässert wird, was der Regelfall sein dürfte (Abbildung 2). Ein entwässerter Rohschlamm kann dennoch Klärschlamm im Sinne der Klärschlammverordnung sein, wenn die Kläranlage keine Faulung oder andere Stabilisierung besitzt und der Schlamm an dieser Stelle der Stabilisierung in einer anderen Kläranlage oder der Verbrennung zugeführt wird.

Es ist nicht möglich, die aus Rückgewinnungsverfahren im Zuge der Abwasserbehandlung (zum Beispiel Erzeugung von Struvit) resultierende Rückgewinnungsquote zu der anderer, nachgeschalteter Verfahren zu addieren. Im Hinblick auf die Phosphor-Rückgewinnungspflicht sind Maßnahmen im Bereich der abwassertechnischen Behandlung nur zielführend, wenn der Phosphorgehalt im zu entsorgenden Schlamm (Geltungsbereich von Abfallrecht und AbfKlärV) auf unter 20 g P/kg TM gesenkt werden kann.

Zu unterscheiden sind insbesondere zwei Fälle:

- Phosphor-Rückgewinnung aus dem Rohschlamm vor der Faulung

Beispiel A:
Durchschnittlicher Rohschlamm mit 3,5 % TM und 20 g P/kg TM

1) Gemäß § 1 Nr. 9 DüMV (Düngemittelverordnung) ist Trockenmasse (TM in kg) definiert als die mit Trocknungsverfahren (< 24 h, 105 °C) bis auf Gewichtskonstanz getrocknete Masse. In Laboratorien wird der Trockenrückstand (TR in kg/kg oder in %) gemäß DIN EN 15934 bestimmt. Der Wert 20 g P/kg TM entspricht 2 Gew.-% P bezogen auf die Trockenmasse.

Da ein Teil der (organischen) Trockenmasse im Laufe der anaeroben Stabilisierung abgebaut wird und somit der relative P-Gehalt je kg TM steigt, müsste in diesem Beispiel eine Reduktion des P-Gehalts vor der Faulung auf weniger als 14 g P/kg TM erfolgen, damit (unter der Annahme eines TM-Abbaus in der Faulung um 30 %) nach der Faulung der Schwellenwert von 20 g P/kg TM weiterhin unterschritten wird. Die ausschließliche Rückgewinnung des ohnehin gelösten P-Anteils (häufig etwa 100 mg/L PO₄-P) aus dem Rohschlamm ist in diesem Beispiel nicht ausreichend. Die zusätzlich erforderliche Rücklösung von Phosphor aus dem Rohschlamm beträgt etwa 15–20 %-Punkte und müsste durch das gewählte Rückgewinnungsverfahren gewährleistet werden.

Bei diesem Beispiel ist zu beachten, dass eine gut funktionierende Faulung zu einem vermehrten TM-Abbau und somit zu einem höheren P-Gehalt je kg TM führt. Die Anforderungen an ein vor der Faulung eingesetztes Rückgewinnungsverfahren sind entsprechend höher.

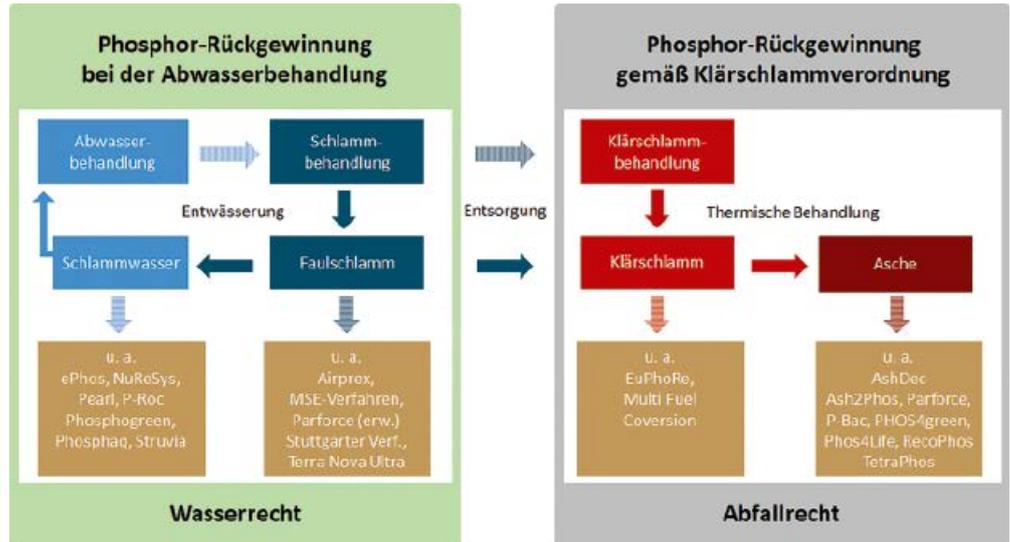


Abb. 2: Abgrenzung der Geltungsbereiche von Wasserrecht und Abfallrecht einschließlich einiger Beispielf Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung

b) Phosphor-Rückgewinnung aus dem Faulschlamm vor der Entwässerung

Beispiel B1:

Faulschlamm mit sehr geringem P-Gehalt von 25 g/kg TM Um den Schwellenwert von 20 g P/kg TM zu unterschreiten, müssten mindestens 20 % des gesamten Phosphors über die Flüssigphase entfernt werden. Unter der Annahme, dass



Die Vorteile des sludge2energy-Verfahrens

- ▶ Effiziente aufeinander abgestimmte Kombination von Klärschlamm-trocknung und thermischer Verwertung in einer stationären Wirbelschicht (S2E-Fluidizer)
- ▶ Eine hohe Bandbreite an kommunalen Klärschlämmen ist durch effiziente Verbrennung ohne externe Energiezufuhr verwertbar
- ▶ Vollautomatische Betriebsweise bei hoher Anlagenverfügbarkeit
- ▶ Erzeugung von phosphorreicher Klärschlamm-Asche mit der Möglichkeit auf Phosphor-Rückgewinnung



Klärschlamm-trocknung



Klärschlamm-monoverbrennung



Phosphor-rückgewinnung

www.sludge2energy.de
info@sludge2energy.de



100 mg/L Phosphor bereits als $\text{PO}_4\text{-P}$ in gelöster Form vorliegen, beträgt die hierfür erforderliche Rücklösung von P aus dem Faulschlamm etwa 10–15 %.

Beispiel B2:

Faulschlamm mit mittlerem P-Gehalt von 30 g/kg TM Um den Schwellenwert von 20 g P/kg TM zu unterschreiten, müssten mindestens 33 % des gesamten Phosphors über die Flüssigphase entfernt werden (gelöstes Phosphat im Schlammwasser ca. 400 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$). Die erforderliche Rücklösung beträgt etwa 30 %.

Beispiel B3:

Faulschlamm mit einem hohen P-Gehalt von 40 g/kg TM Um den Schwellenwert von 20 g P/kg TM zu unterschreiten, müssten mindestens 50 % des gesamten Phosphors über die Flüssigphase entfernt werden (gelöstes Phosphat im Schlammwasser ca. 800 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$). Die erforderliche Rücklösung beträgt etwa 50–55 %.

Zu berücksichtigen ist in allen Beispielen, dass eine gut funktionierende Schlammwässerung von Vorteil ist, da dann die Menge des Schlammwassers und somit die hierin enthaltene Phosphorfracht größer ist. Der Effekt auf die erforderliche Rücklösung ist mit einigen Prozentpunkten jedoch relativ gering.

Bei der Abwasserbehandlung und damit im Geltungsbereich des Wasserrechts ist zurzeit das Ausschleusen und Recycling des gelösten Phosphors rechtlich nicht gefordert, aber unter dem Aspekt der Ressourcenrückgewinnung selbstverständlich erwünscht. Primär für den Kläranlagenbetreiber bei der Phosphor-Ausschleusung im Rahmen der Abwasserbehandlung ist die Absenkung des Phosphorgehalts im Klärschlamm unter den Schwellenwert von 20 g P/kg TM. Die in Frage kommenden Rückgewinnungsverfahren sehen in allen Fällen eine Ausschleusung des (rück-)gelösten und rückgewonnenen Phosphors vor, was im Hinblick auf die ansonsten stetig steigende Rückbelastung der Kläranlage zwingend notwendig ist.

4 Anforderungen an die Phosphor-Rückgewinnung durch die Klärschlammverordnung

Eine Phosphor-Rückgewinnung im Sinne der Klärschlammverordnung kann aus dem Klärschlamm gemäß rechtlicher Definition oder aus der Klärschlammverbrennungsgasasche erfolgen. Im Fall einer Rückgewinnung aus Klärschlamm ist der Phosphorgehalt im Schlamm auf unter 20 g P/kg TM oder um mindestens 50 % zu reduzieren (vgl. Kapitel 2). Bei einer Rückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsgasasche sind mindestens 80 % des in der Asche enthaltenen Phosphors rückzugewinnen. Der Wortlaut der AbfKlärV beschreibt als Vorgabe die Reduzierung des P-Gehalts. Als zielführender, für die Praxis tauglicher

Ergänzendes Statement des DWA-Fachausschusses KEK-1 „Kreislaufwirtschaft Klärschlamm und Phosphorrecycling“

Um die erforderliche Infrastruktur für die Klärschlamm Entsorgung und Phosphor-Rückgewinnung bis 2029 aufzubauen, müssen zeitnah umfangreiche Investitionsentscheidungen getroffen werden, die eine langfristige Bindung bewirken. Anknüpfend an den vorstehenden Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe KEK-1.1 sollten aus Sicht des Fachausschusses KEK-1 weitere Aspekte für eine künftige effiziente Verwirklichung der Phosphor-Rückgewinnung Berücksichtigung finden.

Weitere Stoffströme berücksichtigen

Mit der Umsetzung des Phosphor-Rückgewinnungsgebots der Klärschlammverordnung wird mit Errichtung und Betrieb der technischen Anlagen (zum Beispiel Trocknung, Verbrennung, Recyclatherstellung) ein hoher gesellschaftlicher Invest im Sinne der Daseinsvorsorge geleistet. Aus Sicht der Planer und Betreiber können viele dieser Anlagen ohne Einschränkung der Nachhaltigkeit auch für qualitativ gleichwertige Stoffströme wie Schlämme der Lebensmittelindustrie, organische Abfälle etc. genutzt werden. Dies würde die Effizienz der kommunalen Kreislaufwirtschaft weiter steigern.

Nachweisführung vereinfachen

Die Nachweisanalytik von P-Konzentrationen im Schlamm ist aufwendig, starken Schwankungen unterworfen und erschwert den Bezug zur Rückgewinnungsquote. Betrieblich gut umsetzbar wäre ein alternativer Nachweis der Rückgewinnungsquote als Jahresbilanz über die Kläranlage. Eine solche Frachtbetrachtung kann die sehr komplexe Nachweisführung über die P-Analytik im Schlamm durch auf Kläranlagen etablierte P-Messungen im Zulauf ergänzen.

Phosphorrückgewinnung technologieoffen gestalten

Die Nachweisführung der Rückgewinnungsquote über die P-Analytik im Klärschlamm schließt in der Praxis die Anwendung von Technologien, die nicht im Klärschlamm oder der Asche wirksam sind, weitgehend aus. Eine alternative Nachweisführung mittels Jahresbilanz würde die Anwendung von Verfahren auch außerhalb der „Klärschlamm/Asche-Schiene“ ermöglichen.

Bedingungen für die Herstellung von Düngemitteln aus Klärschlammaschen klären

Im Rahmen der thermischen Vorbehandlung von Klärschlämmen gegebenenfalls mit Zuschlagsstoffen werden unterschiedliche Qualitäten von Klärschlammaschen erzeugt, die wiederum direkt bzw. als Ausgangsstoff zur Herstellung von Düngemitteln dienen können. Hierzu bedarf es kurzfristig einer Klärung, unter welchen Bedingungen Klärschlammaschen für die Herstellung welcher Düngemitteltypen verwendet werden können und was als Ausgangsstoff im Sinne der Düngemittelverordnung anzusehen ist.

Die DWA wird sich gemeinsam mit den Fachgremien den Themen annehmen.

und einfacher in der Umsetzung wird der Frachtansatz gesehen und deshalb in der Vollzugshilfe der LAGA beschrieben. Die Vollzugshilfe [2] gibt folgende Formel zur Ermittlung der Rückgewinnungsquote an, die sowohl für die Rückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsasche wie aus Klärschlamm anwendbar ist:

$$P_{\text{rück}} [\%] = \left(\frac{P_{\text{Rezyklat}}}{P_{\text{Ausgangssubstrat (Asche)}}} \right) \cdot 100$$

Hierbei wird die erzielte Rückgewinnungsquote über die im Ausgangssubstrat sowie im Rezyklat enthaltene Phosphor-Fracht ermittelt. Die Regelungen sind als „Kann“-Bestimmungen formuliert, sodass gegebenenfalls auch abweichende Herangehensweisen möglich sind (dies liegt mutmaßlich im Ermessen der jeweiligen Überwachungsbehörde). Über die Beprobungsintensität und -art wird in der Verordnung und der Vollzugshilfe keine Aussage getroffen; dies dürfte somit bis zur bundeseinheitlichen Regelung ebenfalls im Ermessen der zuständigen Behörden liegen.

Gemäß AbfKlärV muss die Phosphor-Rückgewinnungsquote aus Klärschlammverbrennungsasche einen Wert von 80 % sicher überschreiten. Für den Fall einer nasschemischen Phosphor-Rückgewinnung bedeutet dies, dass > 80 % des im Ausgangssubstrat Asche enthaltenen Phosphors in das Rezyklat überführt werden müssen. Hieraus ergibt sich, dass insgesamt maximal 20 % der in der Klärschlammverbrennungsasche enthaltenen Phosphorverbindungen im Laufe des Prozessverlaufs in den verschiedenen, jeweils entstehenden Rest- und Nebenströmen enthalten sein dürfen. Dieser mögliche Phosphor-Verlust erfolgt vorwiegend über die ausgelaugte Restasche, aber auch weitere Stoffströme können Anteile des zuvor gelösten Phosphors enthalten. Es ist laut Aussagen der Verfahrensanbieter anzunehmen, dass der Rücklöseprozess so gesteuert werden kann, dass über den Gesamtprozess die erforderliche Quote von > 80 % sicher erreicht wird.

Bei einem Prozess der thermischen Phosphor-Rückgewinnung gilt ebenfalls eine erforderliche Rückgewinnungsquote

von > 80 %, sofern das Verfahren als Ausgangsstoff Klärschlammverbrennungsasche einsetzt. Auch hier dürfen demnach nur weniger als 20 % der in der Asche enthaltenen Phosphorverbindungen in Nebenströmen anfallen, was bei thermochemischen Verfahren eine schwermetallreiche Staubfracht sein kann. Es kann auch der Fall sein, dass chemische, thermische oder thermochemische Verfahren entwässerten oder getrockneten Klärschlamm als Ausgangssubstrat verwenden. In diesem Fall gilt eine Rückgewinnungsquote von > 50 %.

Sofern die Verfahren phosphathaltige Klärschlammverbrennungsasche als einzigen Feststoff produzieren, können die erforderlichen Rückgewinnungsquoten mutmaßlich erreicht werden, da gasförmige Phosphor-Verluste erst bei Temperaturen > 1500°C unter stark reduzierenden Bedingungen relevant werden und Verluste in Form von Filterstäuben technisch begrenzt sind. Metallurgische Verfahren, die mehrere Feststoffe produzieren (beispielsweise eine phosphathaltige Schlacke, eine Metallphase und Filterstäube), können verfahrensbedingt höhere Verluste aufweisen. Der Phosphorgehalt im Rezyklat dieser thermischen Prozesse ist in starkem Maße vom Phosphorgehalt des Ausgangssubstrats abhängig. Aus einem entwässerten Faulschlamm mit einem Phosphorgehalt von 30–40 g/kg TM ergibt sich ohne Zugabe von Additiven (bei einem angenommenen Glühverlust von 50 %) eine Klärschlammverbrennungsasche mit einem Phosphorgehalt von 6–8 % (bzw. etwa 13–18 % P₂O₅). Es ist gegebenenfalls zu beachten, dass Phosphatdünger aus Klärschlammverbrennungsaschen einen bestimmten Nährstoff-Mindestgehalt aufweisen müssen. Bei Zulassung nach deutschem Recht sind dies 10 % P₂O₅ (laut DüMV Anlage 1, Abschnitt 1.2.9), bei EU-Zulassung als Einnährstoff Makro Düngemittel 12 % P₂O₅ [laut Verordnung (EU) 2019/1009, Anhang I Teil II PFC 1(C) (I)(a)(i) Nr. 2b ab 16. Juli 2022]. Sofern es mindestens einen zweiten deklarierten Nährstoff gibt, gelten für die einzelnen Nährstoffe sowie für die Summe aller deklarierten Nährstoffe andere Werte.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Klärschlammverbrennungsasche oder den kohlenstoffhaltigen Rückstand zu-



Wie unterstützt Phosphor-Recycling aus Klärschlamm eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft?

Wir bei Grenzebach gehen Phosphor-Recycling direkt in Ihrer örtlichen Kläranlage an. Indem wir Klärschlamm ganzheitlich zu Phosphorsäure und Mineralik recyceln – ohne nachgelagerte Deponiestoffe.

Durch den Verzicht auf eine große, zentral errichtete Monoverbrennung reduzieren wir CO₂ Emissionen konsequent, da auch dafür notwendige Klärschlammtransporte entfallen.

Besuchen Sie uns: IFAT, München (30.05. - 03.06.), DWA-Gemeinschaftsstand

www.grenzebach.com



Wasserrecht	<ul style="list-style-type: none"> ● Genehmigungen/Fragestellungen zu Schlämmen vor abgeschlossener abwassertechnischer Behandlung bzw. vor Abgabe zur Entsorgung ● Teichkläranlagen, bevor Schlamm stabilisiert ist ● Aufbringungsbeschränkungen in Wasserschutzgebieten ● Phosphorelimination/-rückgewinnung, unter anderem Maßnahmen im Rahmen der abwassertechnischen Behandlung ● Feststellung der rechtsgültigen Einwohnerwerte für die Abwasserbehandlungsanlage ● Anlagengenehmigung und genehmigungsrechtliche Fragestellungen bei der Zusammenführung von Maßnahmen zur Schlammbehandlung
Bodenschutzrecht ^{*)}	<ul style="list-style-type: none"> ● Ermittlung der Bodenart ● Regelungen zu bodenbezogenen Grenzwerten ● Feststellungen zur Schwermetallfreisetzung in geogen vorbelasteten Böden ● Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht
Düngerecht	<ul style="list-style-type: none"> ● Regelungen zu Schadstoffgrenzwerten im Düngemittel bzw. Klärschlamm^{**)} ● Zulassung und Einstufung von aus Abwasser/Klärschlamm/Klärschlammverbrennungsasche rückgewonnenen Phosphors als Düngemittel^{**)} ● Ausbringungsbeschränkungen und -vorgaben für Nährstoffe^{***)} ● zeitliche Sperrfristen und räumliche (Gewässerrandstreifen) sowie bodenbezogene (gefrorener Boden) Beschränkungen für die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen^{***)}
Immissionsschutzrecht/ Baurecht	<ul style="list-style-type: none"> ● Bau und Betrieb thermischer Klärschlammbehandlungsanlagen (Trocknung, Verbrennung) ● Bau und Betrieb von Klärschlamm lagern ● Gegebenenfalls Bau und Betrieb von Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung
Deponierecht	<ul style="list-style-type: none"> ● Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsasche zur späteren Rückholung zwecks Phosphor-Rückgewinnung gemäß AbfKlärV

^{*)} statischer Verweis auf die Bundes-Bodenschutzverordnung vom 12.07.1999

^{**)} Düngemittelverordnung in der jeweils geltenden Fassung

^{***)} Düngeverordnung in der jeweils geltenden Fassung

Tabelle 1: Überblick über Rechtsbereiche, die wichtige Fragen zu Klärschlamm außerhalb der Klärschlammverordnung regeln bzw. auf welche die Klärschlammverordnung verweist

nächst bis zu fünf Jahre²⁾ mit der Verpflichtung einer späteren Rückholung der Aschen und nachfolgender Phosphor-Rückgewinnung zu lagern; eine Vermischung mit anderen Abfällen muss dabei ausgeschlossen sein. Die einschlägigen Kriterien des Deponierechts hinsichtlich der Ablagerungsfähigkeit der Materialien, insbesondere des Glühverlusts, sind zu berücksichtigen.

5 Anforderungen bei der Klärschlammverbrennung

Die Vollzugshilfe der LAGA verweist bei der Zusammenführung von Klärschlämmen verschiedener Erzeuger zum Zweck der thermischen Vorbehandlung lediglich auf die Untersuchungspflichten für Phosphor und basisch wirksame Bestandteile. Darüber hinausgehende Anforderungen der thermischen Behandlungsanlagen werden erwähnt, aber nicht weiter konkretisiert. Hierbei dürften in erster Linie die Anforderungen von Klärschlamm-Verbrennungsanlagen relevant sein, wovon die überwiegende Anzahl nach dem Verfahren der stationären Wirbelschicht arbeitet. Auf möglicherweise abweichende Anforderungen von thermischen Sonderverfahren wie Vergasung und Pyrolyse wird hier wegen der (noch) geringen Durchsatzmengen in entsprechenden Anlagen nicht weiter eingegangen.

Bei geplanter Verbrennung sind naturgemäß die Brennstoffeigenschaften von Klärschlamm von besonderer Relevanz. Aufgrund des hohen Wasser- und Aschegehalts ist mechanisch ent-

wässertes Klärschlamm als niederkalorischer Brennstoff zu bezeichnen, der in der Regel keine selbstgängige Verbrennung gestattet [4]. Um eine energieautarke Behandlung in der Wirbelschicht zu ermöglichen, ist der Heizwert des Klärschlammes durch Trocknung oder Mischung mit höherkalorischen Brennstoffen (vollgetrockneter Klärschlamm, Kohle, Rechengut, Ersatzbrennstoff) auf einen Mindestheizwert von etwa 4 bis 4,5 MJ/kg anzuheben [4, 5]. Dieser wird bei üblichen kommunalen Faulschlämmen durch eine Teiltrocknung auf etwa 40–45 % TM oder teilweise durch die zusätzliche Verwendung von höherkalorischen Abfall- und Brennstoffen erreicht. Bei Rostfeuerungen liegt der geforderte TM-Gehalt aufgrund höherer Heizwertanforderungen über 55 % [5]. Aus dem Verbrennungsprozess lässt sich üblicherweise genügend thermische Energie für diese Vortrocknung auskoppeln, sofern in den Entwässerungsaggregaten ein ausreichender Trockensubstanzgehalt erreicht wurde. Meist werden zudem kleine Dampfturbinen betrieben, sodass sich am Standort der Verbrennungsanlage eine weitgehend energieautarke Behandlung bewerkstelligen lässt. Neben den Mindestanforderungen an die Entwässerung sollte der Schlamm frei von Störstoffen (zum Beispiel Grobkorn >> 20 mm, Metalle oder Mineralien mit ungünstigem Einfluss auf das Ascheschmelzverhalten) sein, um keine Probleme beim Eintrag in die Verbrennungsanlage zu verursachen. In dem besonderen Fall, dass die Klärschlammverbrennungsasche nach mechanischer Aufbereitung aber ohne gezielte Phosphor-Rückgewinnung als Dünger ausgebracht werden soll, sind die Grenzwerte der Düngemittelverordnung

2) Befristete Verlängerungen sind möglich, vgl. § 23 Absatz 6 DepV.

zu beachten. Hierbei könnten noch Annahmekriterien bezüglich der Schwermetallgehalte im Klärschlamm relevant werden. Nicht zuletzt wegen mangelnder Pflanzenverfügbarkeit der Phosphorverbindungen in Klärschlammverbrennungsasche sind allerdings weitergehende Phosphor-Rückgewinnungsverfahren aus der Asche zu bevorzugen, die daneben auch einen Verfahrensschritt zur Schwermetallabtrennung umfassen [6].

Die Nutzung von Abwärme, zum Beispiel aus den mit Klärgas betriebenen Blockheizkraftwerken, für die Teiltrocknung ist bei einer Klärschlammverbrennung an anderem Standort nicht praktikabel, da der teiltrocknete Schlamm wegen seiner noch vorhandenen biologischen Aktivität und der Nähe zur Leimphase nur kurzzeitig lager- und transportfähig ist [5]. Sofern am Standort der Kläranlage weitere Wärmequellen vorhanden sind, wäre dagegen eine Volltrocknung auf über 90 % TM sinnvoll. In diesem Zustand ist der Trockenschlamm gut lager- und transportfähig, lediglich ein übermäßiger Staubanteil könnte hier zu Problemen führen [5]. Bei getrocknetem Klärschlamm < 90 % TM kann es bei der Lagerung zu Geruchsemissionen kommen. Außerdem können beim Transport in Silofahrzeugen im Sommer Temperaturprobleme auftreten. Der Grund liegt in der biologischen Aktivität bei nicht ausreichender Wärmeabfuhr.

Bislang wird vollgetrockneter Klärschlamm vor allem als Ersatzbrennstoff für Zementwerke eingesetzt. Durch die künftigen Anforderungen an die Phosphor-Rückgewinnung ist dieser Entsorgungsweg für von der Klärschlammverordnung reglementierte Klärschlämme nur noch bei vorheriger Phosphor-Reduktion in der Wasser- oder Schlammphase möglich. Es ist jedoch denkbar, dass im Zuge der Errichtung neuer Monoverbrennungsanlagen dort ein Bedarf für Trockenschlamm entsteht. Durch Beimischung zu mechanisch entwässertem Schlamm kann dieser, wie oben erwähnt, für eine selbstgängige Verbrennung konditioniert werden. Mit den eingesparten Wärmemengen lässt sich weiterer Schlamm trocknen, was den Durchsatz in der Monoverbrennung steigert.

Nach Klärschlamm bilden Sieb- und Rechenrückstände sowie Sandfangrückstände die mengenmäßig bedeutendsten Ab-

fallströme auf Kläranlagen. Für deren Entsorgung sind ebenfalls die einschlägigen abfallrechtlichen Vorgaben, insbesondere das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), maßgeblich. Ob die bisher praktizierte Mitverbrennung von Sieb- und Rechengut in Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen ab 2029 bzw. 2032 zulässig sein wird, sofern der verbrannte Schlamm einer Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung unterliegt (vgl. Kapitel 2), wird momentan durch die Vollzugshinweise nicht beantwortet. Während Sandfangrückstände nach Waschverfahren beispielsweise als Streugut oder Kabelsand eingesetzt werden können, wird das Rechengut im Fall eines Verbots der gemeinsamen Verbrennung mit Klärschlamm vermutlich in Müllverbrennungsanlagen verbracht, wofür weitere Entsorgungskosten zu berücksichtigen sind. Das energetische Potenzial abwasserstämmiger Reststoffe würde somit für die energieautarke Klärschlammbehandlung nicht genutzt werden können.

Den Monoverbrennungsverfahren gleichgestellt ist gemäß Novelle AbfKlärV die Klärschlammmitverbrennung in Kohlefeuerungen. Anforderungen an die Brennstoffeigenschaften der Kohle, insbesondere zum Aschegehalt, werden nicht gegeben. Dies ist insofern relevant, da durch die eingetragenen mineralischen Bestandteile der Kohle der Phosphorgehalt in der generierten Mischasche abgesenkt wird, wobei Vorgaben zur Phosphor-Rückgewinnungspflicht und -quote unberührt bleiben.

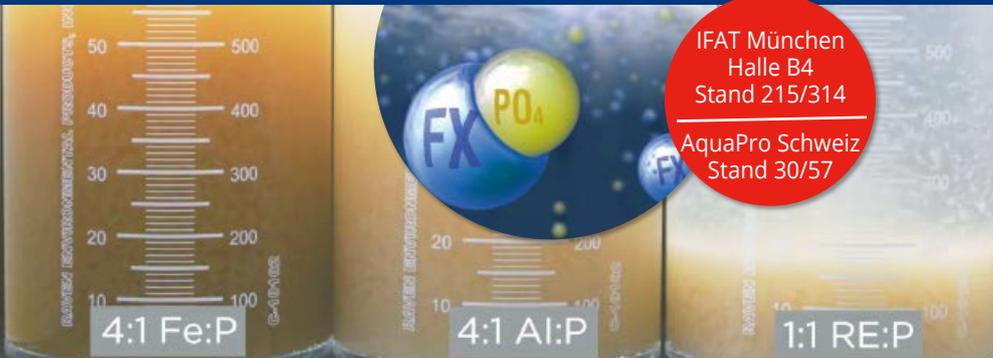
6 Betroffene Rechtsbereiche und zuständige Behörde

Die Klärschlammverordnung basiert auf dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und agiert damit im Rechtsbereich des Abfallrechts. Allgemeine Regelungen zur Verwertung von Klärschlamm, inklusive importierter Schlämme bei bodenbezogenen Maßnahmen (Landwirtschaft, Maßnahmen des Landschaftsbaus, einschließlich der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht) sowie Vorgaben zur Phosphor-Rückgewinnung sind in der Verordnung festgelegt. Es sind im Rahmen der Klärschlammbehandlung und -verwertung

Innovatives Fällmittel für die Phosphorelimination.




- 4-6 mal geringere Einsatzmengen verglichen mit Eisenchlorid
- Starke Verringerung der Schlammproduktion
- Verbesserte Entwässerungseigenschaften des Fällschlammes
- Kein Einfluss auf die Säurekapazität









Ensola AG • Schützenstrasse 29 • 8902 Urdorf
 Tel. +41 44 870 88 00 • info@ensola.com • www.ensola.com

IFAT München
Halle B4
Stand 215/314

AquaPro Schweiz
Stand 30/57

EU-Klärschlammrichtlinie	<ul style="list-style-type: none"> ● Regelungen zur Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, unter anderem Mindestanforderungen zu Grenzwerten – wird überarbeitet ● gegebenenfalls bald Anforderungen zu Nährstoffrückgewinnung
EU-Kommunalabwasserrichtlinie	<ul style="list-style-type: none"> ● Links zur EU-Klärschlammrichtlinie geplant – wird überarbeitet ● Gegebenenfalls bald Anforderungen zu Nährstoffrückgewinnung
EU-Nitratrichtlinie	<ul style="list-style-type: none"> ● limitiert Frachten und Zeiträume für die Nährstoffausbringung in der Landwirtschaft ● in Deutschland durch die Düngeverordnung umgesetzt
EU-Düngeprodukteverordnung	<ul style="list-style-type: none"> ● Regelung hinsichtlich der Wirksamkeit und der Sicherheit der Düngeprodukte ● CE-Kennzeichnung für Produktfunktionskategorien ● Regelungen zum Einsatz von Sekundärrohstoffen und Düngern aus dem Abwasserpfad ● Definition von Abfallende-Kriterien
EU-Chemikalienrecht REACH	<ul style="list-style-type: none"> ● Registrierungspflichten für sämtliche Stoffe/Stoffgemische außerhalb der Abfalldomäne, die innerhalb der EU in Verkehr gebracht werden ● gegebenenfalls Ausnahmen gemäß Art. 2 Nr. 7 d möglich
EU-Abfallrahmenrichtlinie	<ul style="list-style-type: none"> ● übergeordnete Richtlinie ● relevant bezüglich Art und Durchführung der P-Rückgewinnung mit zum Beispiel Verboten der Abfallvermischung, Einstellung von Schwermetallkonzentrationen durch Vermischung oder Verdünnung

Tabelle 2: Rechtsbereiche auf europäischer Ebene mit Bezug zur nationalen Klärschlammverordnung bzw. Auswirkungen bei der Umsetzung

jedoch auch andere Rechtsbereiche zu beachten, insbesondere das Wasserrecht, das Bodenschutzrecht und das Düngerecht, aber auch Immissionsschutz- und Deponierecht. In einigen Fällen wird in der Klärschlammverordnung direkt auf Regelungen in anderen Rechtsbereichen verwiesen, zum Beispiel auf in der Bodenschutz- oder der Düngemittelverordnung festgelegte Grenzwerte für Schadstoffe. Tabelle 1 gibt einen Überblick, auf welche Rechtsbereiche die Klärschlammverordnung Bezug nimmt bzw. in welchen Rechtsbereichen außerhalb der Klärschlammverordnung weitere Regelungen vorgegeben werden bzw. beachtet werden müssen.

Auch auf EU-Ebene gibt es verschiedene rechtliche Regelungen, die auf die nationale Klärschlammverordnung wirken. Tabelle 2 zeigt die Bezüge zu verschiedenen EU-rechtlichen Regelwerken. Während Richtlinien (Directives) von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht zu übertragen sind und lediglich verschärft, jedoch nicht abgeschwächt werden dürfen, können Verordnungen (Regulations) in den Mitgliedsstaaten parallel geführt werden, wobei eine EU-weite Harmonisierung angestrebt werden soll. Da EU-Verordnungen unmittelbar geltendes Recht in allen Mitgliedstaaten sind, dürfen diese jedoch keine Regelungen erlassen, die den Inhalten einer EU-Verordnung entgegenstehen.

Für den Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen ergibt sich die Frage, welche Vollzugsbehörde bei den spezifischen klärschlammrelevanten Fragestellungen anzusprechen ist. Grundsätzlich ist dies gemäß Klärschlammverordnung die nach Landesrecht festgelegte „zuständige Behörde“; welche dies ist, kann in den Bundesländern unterschiedlich geregelt sein. Zumeist sind die Abfallbehörden (zum Beispiel untere Abfallwirtschaftsbehörde, Bezirksregierung) die richtigen Ansprechpartner, die sich bei Bedarf ihrerseits mit übergeordneten Ebenen oder Fachbehörden abstimmen können (zum Beispiel mit den Landesämtern für Umwelt). Bodenbezogene Belange sind (zusätzlich) mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde (zum Beispiel Landwirtschaftsämter oder -kammern) abzuklären. Dies gilt zum Beispiel für Anzeigefristen zur Auf- oder Einbringung eines Klärschlammes auf einen landwirtschaftlich

genutzten Boden. Auch die Prüfung von Anträgen, ob Klärschlamm in Einzelfällen ohne Phosphor-Rückgewinnung einer anderweitigen Abfallentsorgung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (zum Beispiel im Zementwerk, Kohlekraftwerk oder einer Müllverbrennungsanlage) zugeführt werden darf, obliegt der Zustimmung der zuständigen Abfallbehörde. Es deutet sich an, dass Kapazitäten in Klärschlamm-Verbrennungsanlagen in den meisten Regionen voraussichtlich rechtzeitig zur Verfügung stehen werden, sodass diese Ausnahmen nicht wesentlich zum Tragen kommen werden. Ein solcher Antrag ist jedoch immer eine Einzelfallprüfung und nur zulässig, wenn eine Phosphor-Rückgewinnung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist.

Literatur

- [1] Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung – Abf-KlärV vom 27.09.2017 (BGBl. I, S. 3465), zuletzt durch Artikel 137 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I, S. 1328) geändert
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), ATA – Ad-hoc-Ausschuss: *Vollzugshinweise zur Umsetzung der Klärschlammverordnung (LAGA M 39)*, Stand Januar 2020
- [3] Richtlinie des Rates vom 21.05.1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG), *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 135, Seite 40, vom 30.05.1991, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/64/EU des Rates vom 17.12.2013, *ABl.* L 353, Seite 8, vom 28.12.2013
- [4] Heindl, A., Gröbl, T., Görlich, M., Manfred Graf, M.: *Thermische Behandlung von Klärschlamm, Teil 1: Rechtliche Vorschriften, Eigenschaften und Trocknung von Klärschlamm, Korrespondenz Abwasser 2020, 67 (4), 286–294*
- [5] Technische Hinweise zu bewährten Behandlungsverfahren für Klärschlamm, Dritter Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5, *Korrespondenz Abwasser 2019, 66 (3), 210–218*
- [6] Dichtl, N., Könemann, R., Lehrmann, F., Schäfer, A., Schmelz, K.-G., Six, J., Thöle, D., Voss, E.: *Stellungnahme aus dem DWA-Hauptausschuss KEK zum Artikel „Ökologischer Fußabdruck von Klärschlamm-Karbonisat und von Klärschlamm-Asche im Vergleich“, Korrespondenz Abwasser 2020, 67 (4), 256–258* 