



zukunft
SEIT 1909
denken

WASSER • ABWASSER • ABFALL

■ EXPERTINNENPAPIERE

des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV)

ÖWAV-Expert:innenpapier

Verwendung von kommunalem Abwasser und Klärschlamm zur Herstellung von Rohstoffen für EU-Düngeprodukte

Erstellt vom ÖWAV-Unterausschuss „Klärschlamm-Recycling-Produkte“ der
Fachgruppe „Abwassertechnik und Gewässerschutz“ im ÖWAV

Wien 2022

Dieses Expert:innenpapier ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher
Gemeinschaftsarbeit.

Dieses Expert:innenpapier ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für eine fachgerechte Lösung. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall. Eine etwaige Haftung der Urheber ist ausgeschlossen.

Hinweis:

Bei allen Personenbezeichnungen in diesem Expert:innenpapier gilt die gewählte Form für alle Geschlechter.

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Hersteller: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Autoren oder des Verlages ausgeschlossen ist.

Dieses Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung werden ausdrücklich vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion, Satz und Layout: Mag. Fritz Randl

© 2022 by Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

VORWORT

Kommunales Abwasser und dessen Abfallprodukt Klärschlamm sind Stoffe mit bedeutendem Potenzial als Phosphorquellen für die Landwirtschaft, die gegenwärtig nur in geringem Ausmaß genutzt werden. Da Rohphosphat, das fossile Ausgangsmaterial für Phosphordünger, seit 2014 in der Liste der kritischen Rohstoffe der EU geführt wird, sind Handlungen der EU-Mitgliedstaaten zur effizienten Rückgewinnung von Phosphor aus Abfällen gefordert.

Um dies zu unterstützen, wurde von der EU-Kommission die neue EU-Düngeprodukteverordnung beschlossen. Diese Verordnung ermöglicht erstmalig die Aufnahme von neuen Ausgangsstoffkategorien, darunter kommunales Abwasser und Klärschlamm, für die Herstellung von Düngeprodukten.

Der ÖWAV-Unterausschuss „Klärschlamm-Recycling-Produkte“ der Fachgruppe „Abwassertechnik und Gewässerschutz“ hat es sich zum Ziel gesetzt, die wesentlichen Anforderungen an Eingangsmaterialien zur Herstellung von Rohstoffen für EU-Düngeprodukte in einem Expert:innenpapier zusammenzufassen. Zusätzlich wurden weitere Empfehlungen der Ausschussmitglieder zur Herstellung der genannten Ausgangsmaterialien festgehalten.

Dieses Expert:innenpapier richtet sich hiermit vor allem an kommunale Entscheidungsträger wie Gemeinden, Verbände und Genossenschaften sowie Abfallbehandler und -entsorger. Mit dem vorliegenden Dokument soll die Umsetzung einer zukunftsfähigen Verwertung von Phosphor aus Abwasser und kommunalen Klärschlämmen unterstützt werden.

ÖSTERREICHISCHER
WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND

Wien, im Februar 2022

An der Erarbeitung dieses ÖWAV-Expert:innenpapiers haben mitgewirkt:

Ausschussleitung:

DI Arabel AMANN, BSc, Technische Universität Wien

DI Dr. Lukas EGLE, MA 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, Wien

Ausschussmitglieder:

DI Armin EITZENBERGER, BSc, Abwasserverband Wiener Neustadt-Süd, Wiener Neustadt

GF Mag. Andreas FEISTRITZER, WSA Waste Service GmbH, Hartberg

MR DI Hubert GRECH, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien

DI Dr. Christoph LAMPERT, Umweltbundesamt, Wien

Dr. Thomas LINSMEYER, Energie AG Oberösterreich Erzeugung GmbH, Gmunden

DI Mathias OTTERSBOECK, MA 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, Wien

DI Erwin PFUNDTNER, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien

DI (FH) Helmut WILFINGER, ARCon GmbH Technik- und Handelsgesellschaft für Abfall- und Ressourcenwirtschaft, Seiersberg

Univ.-Prof. DI Dr. Matthias ZESSNER, Technische Universität Wien

Für den ÖWAV:

DI Philipp NOVAK, Bereichsleiter Abwasserwirtschaft im ÖWAV, Wien

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG	5
2	HINTERGRUNDINFORMATIONEN	6
2.1	EU-Düngeprodukteverordnung	6
2.2	Arbeitsgruppe STRUBIAS	6
2.3	Delegierte Verordnungen	7
2.4	Abfallende und transnationaler Produktverkehr.....	7
3	REGELN FÜR DIE RÜCKGEWINNUNG VON NÄHRSTOFFEN	8
3.1	Ausgefällte Phosphatsalze und deren Derivate (CMC 12)	8
3.1.1	Erlaubte Eingangsmaterialien	8
3.1.2	Anforderungen an den Prozess.....	8
3.1.3	Anforderungen an das rückgewonnene Material	8
3.1.4	Empfehlungen der Expert:innengruppe	9
3.2	Thermisch oxidierte Materialien und deren Folgeprodukte (CMC 13)	10
3.2.1	Erlaubte Eingangsmaterialien	10
3.2.2	Anforderungen an den Prozess.....	10
3.2.3	Anforderungen an das Eingangsmaterial	11
3.2.4	Anforderungen an das rückgewonnene Material	11
3.2.5	REACH-Registrierung	11
3.2.6	Verwertungswege am Beispiel des kommunalen Klärschlamm.....	11
3.2.7	Empfehlungen der Expert:innengruppe	12
3.3	Durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien (CMC 14)	14
3.3.1	Erlaubte Eingangsmaterialien	14
4	LITERATURVERZEICHNIS	15
5	ANHANG	16

1 EINFÜHRUNG

Als Teil des EU-Kreislaufwirtschaftspakets wurde von der EU-Kommission die neue EU-Düngeprodukteverordnung beschlossen. Diese Verordnung ermöglicht erstmalig die Aufnahme von neuen Ausgangsstoffkategorien für die Herstellung von Düngeprodukten.

In einem ersten Schritt werden die folgenden drei Ausgangsstoffkategorien für die Düngeproduktherstellung zugelassen:

- Phosphatsalze und deren Folgeprodukte (z. B. Struvit),
- durch thermische Oxidation gewonnene Materialien und deren Folgeprodukte (Aschen),
- durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien (Biokohlen).

Durch das Joint Research Center (JRC) wurden Vorschriften definiert, unter deren Voraussetzung diese drei Materialien zur Herstellung von Düngeprodukten zugelassen werden. Dabei wurde festgelegt, welche Eingangsmaterialien (Positivliste) dafür verwendet werden dürfen, welche Prozessbedingungen erfüllt und welche Qualitätskriterien die Materialien einhalten müssen.

Aus diesem Bericht lässt sich ableiten, dass – neben verschiedenen anderen Eingangsmaterialien – Abwasser und kommunaler Klärschlamm zur Herstellung von Phosphorsalzen oder von thermisch oxidierten Materialien verwendet werden dürfen. Werden in weiterer Folge die Prozessbedingungen und Qualitätsanforderungen eingehalten, kann aus diesen Materialien ein Düngeprodukt erzeugt werden, das wiederum in ganz Europa vermarktet werden kann. Ziel dieses Expert:innenpapiers ist es, die neuen Vorschriften für Rohstoffe (Komponentenmaterialien) für Düngeprodukte, die aus kommunalem Abwasser und Klärschlamm hergestellt werden, kompakt zusammenzufassen und in weiterer Folge für diese Materialien (kommunales Abwasser und Klärschlamm) weitergehende Empfehlungen auszusprechen.

Die delegierten Verordnungen zu den neuen Materialien wurden am 5., 6. bzw. 7. Juli 2021 von der EU-Kommission angenommen [3, 4]. Zum Zeitpunkt des Abschlusses und der Veröffentlichung des Expert:innenpapiers konnten das EU-Parlament und der Europäische Rat noch Einwände zum delegierten Rechtsakt einbringen. Die vorliegende Zusammenfassung bezieht sich daher auf die Verordnungsentwürfe vom 5. bis 7. Juli 2021. Sollten sich durch zusätzliche Einwände noch weitergehende Einschränkungen ergeben, gelten diese unmittelbar und das vorliegende Expert:innenpapier wird ehestmöglich überarbeitet. Die aktualisierten EU-Vorschriften über Düngeprodukte (Verordnung 2019/1009) gelten ab dem 16. Juli 2022.

2 HINTERGRUNDINFORMATIONEN

2.1 EU-Düngeprodukteverordnung

Im Juli 2019 hat das Europäische Parlament eine neue EU-Düngeprodukteverordnung 2019/1009 [1] beschlossen. Diese Verordnung harmonisiert die Anforderungen für den Handel mit bestimmten Düngeprodukten im europäischen Binnenraum. Im Anhang I der Verordnung sind sieben „Produktionsfunktionskategorien (PFC)“ von EU-Düngeprodukten aufgelistet: Düngemittel (mineralisch, organisch und organisch-mineralisch), Kalke, Bodenverbesserungsmittel, Kultursubstrate, Hemmstoffe, Pflanzen-Biostimulantien und Düngeproduktmischungen. Im Vergleich zur derzeit geltenden EU-Düngemittelverordnung, in der nur der Handel mit mineralischen Düngemitteln geregelt ist, bedeutet dies eine wesentliche Erweiterung der Harmonisierung des Handels mit Düngemitteln in Europa.

Die neue EU-Düngeproduktverordnung als Teil des Kreislaufwirtschaftspakets der EU-Kommission ermöglicht darüber hinaus die Verwertung von geeigneten organischen und mineralischen Reststoffen und Nebenprodukten für die Herstellung von Düngeprodukten im Sinne einer Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen. Im Anhang II der Verordnung sind Materialien, aus denen die EU Düngeprodukte hergestellt werden dürfen, aufgelistet und in Komponentenmaterialkategorien (CMCs) inklusive deren zugehörigen Anforderungen zusammengefasst. Darunter finden sich neben anderen Stoffen auch mineralische und organische Abfälle. Diese Stoffe gelten so lange als Abfälle, bis sie oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden.

Alle einem EU-Düngeprodukt einzeln oder in einem Gemisch zugesetzten Stoffe müssen gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH) in einem Dossier registriert sein, das die Informationen gemäß den Anhängen VI, VII und VIII und einen Stoffsicherheitsbericht nach Artikel 14 für die Anwendung als Düngeprodukt enthält. Dies gilt nur dann, sofern der Stoff nicht ausdrücklich unter eine der Ausnahmen von der Registrierungspflicht nach Anhang IV der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), oder unter die Nummern 6, 7, 8, oder 9 des Anhangs V fällt.

2.2 Arbeitsgruppe STRUBIAS

In den Erwägungsgründen dieser Düngeproduktverordnung wurde die Wiederverwertung der knappen Ressource Phosphor (u. a. aus Klärschlamm) explizit erwähnt. Die Kommission hat sich verpflichtet, für Verwendung solcher phosphorhaltigen Reststoffe zur Herstellung von EU-Düngeprodukten geeignete Vorschriften zu erarbeiten, damit eine sichere und agronomisch wirksame Anwendung solcher Produkte möglich ist. Zu diesem Zwecke wurde von der EU-Kommission die Arbeitsgruppe STRUBIAS ins Leben gerufen. Diese Arbeitsgruppe, bestehend aus Mitgliedern von Forschungseinrichtungen, Interessensverbänden und aus den Mitgliedstaaten, sollten die Expert:innen des Joint Research Centers (JRC) der Kommission bei der Bewertung von geeigneten Ausgangsstoffen zur Düngeprodukttherstellung unterstützen. Das Akronym STRUBIAS steht für die drei Materialien STRUvit, Blockohle, und VerbrennungsASchen, auf die sich die Arbeitsgruppe am Beginn ihrer Tätigkeit konzentrierte. Im weiteren Verlauf erweiterte die Arbeitsgruppe ihren Fokus auf die folgenden drei möglichen Ausgangsstoffkategorien für die Düngeprodukttherstellung:

- Phosphatsalze und deren Folgeprodukte (CMC 12),
- durch thermische Oxidation gewonnene Materialien und deren Folgeprodukte (CMC 13),
- durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien (CMC 14).

Im 2019 fertiggestellten STRUBIAS-Report [2] werden Verwertungsvorschriften definiert, unter welchen Voraussetzungen eine Zulassung dieser drei Materialien als erlaubte Ausgangsstoffgruppen zur Herstellung von Düngeprodukten im Sinne der EU Düngeproduktverordnung möglich ist.

Diese Verwertungsvorschriften umfassen

- eine Positivliste der zugelassenen Eingangsmaterialien,
- Verarbeitungsbedingungen für die Rückgewinnung und
- Anforderungen an die Produktqualität (Nährstoffe, Schadstoffe, weitere Untersuchungsparameter).

Für eine Zulassung müssen sowohl die festgelegten Kriterien des STRUBIAS-Dokuments als natürlich auch die Anforderungen der EU-Düngeprodukteverordnung (Nährstoff- und Schadstoffgrenzwerte) eingehalten werden.

Für die Erstellung der technischen Vorschläge für die STRUBIAS-Materialien, die als Komponenten in den EU-Düngemittelprodukten eingesetzt werden können, wurden folgende grundlegenden Kriterien befolgt:

- Die Verwendung eines STRUBIAS-Materials soll zu keinen nachhaltigen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit führen.
- Die STRUBIAS Materialien sollen die Pflanzen/Pilze mit Nährstoffen versorgen oder die Nährstoffeffizienz steigern, entweder durch das Material selbst, oder in der Mischung mit anderen Materialien.
- Ein Handel auf dem internen Markt kann für STRUBIAS-Materialien erwartet werden, basierend auf den derzeitigen Marktbedingungen, die zukünftigen Märkte und Handelsprognosen.

2.3 Delegierte Verordnungen

Auf Basis der Ergebnisse des STRUBIAS-Berichts wurden die drei STRUBIAS-Materialien von der EU-Kommission im Juli 2021 als Komponentenmaterialkategorien (CMC) in die neue EU-Düngeprodukteverordnung aufgenommen. Die neuen Regelungen bzw. Kriterien werden mit Inkrafttreten der neuen Düngeprodukteverordnung am 16. Juli 2022 zur Anwendung kommen [3, 4, 5].

2.4 Abfallende und transnationaler Produktverkehr

Ein wesentlicher Aspekt ist, dass bei Einhaltung der Verwertungsvorschriften, der Einhaltung der Grenzwerte der EU-Düngeprodukteverordnung und einer anschließenden Prüfung durch nationale Konformitätsbewertungsstellen das Abfallende erreicht wird. Die verordnungskonform produzierten Düngeprodukte können dann auch europaweit vermarktet und vertrieben werden.

Im folgenden Kapitel werden die Vorschriften für die Rückgewinnung von Nährstoffen dargestellt. Im Anschluss an jedes Material werden die weiteren Empfehlungen der Expert:innengruppe erörtert.

3 REGELN FÜR DIE RÜCKGEWINNUNG VON NÄHRSTOFFEN

3.1 Ausgefällte Phosphatsalze und deren Derivate (CMC 12)

3.1.1 Erlaubte Eingangsmaterialien

Ein EU-Düngemittel kann Phosphatsalze enthalten, die durch Fällung aus Abwasser und Klärschlamm von kommunalen Kläranlagen und anderen Eingangsmaterialien entsprechend der Verordnung [3] gewonnen wurde.

Weiters darf ein EU-Düngeprodukt gefällte Phosphatsalze aus tierischen Nebenprodukten der Kategorie 2 oder der Kategorie 3 oder dessen Folgeprodukten enthalten. Hierfür müssen der Endpunkt in der Herstellungskette nach Artikel 5 Absatz 2 Unterabsatz 3 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 festgelegt sein sowie die Anforderungen an den Fällungsprozess und die Materialqualität eingehalten werden.

3.1.2 Anforderungen an den Prozess

Der Fällungsprozess darf nur unter kontrollierten Bedingungen in einem Reaktor erfolgen. Dabei dürfen Prozesstemperaturen von 275 °C nicht überschritten werden. Es dürfen nur Eingangsmaterialien verwendet werden, die nicht mit anderen Materialströmen kontaminiert sind, oder Materialien, die durch einen einmaligen Zwischenfall unbeabsichtigt mit anderen Materialströmen kontaminiert wurden, wodurch lediglich Spuren exogener Verbindungen vorhanden sind.

Physischer Kontakt zwischen Eingangs- und Ausgangsmaterialien muss nach dem Fällungsprozess vermieden werden. Dies gilt auch während der Lagerung. In dem Betrieb, in dem die Fällung erfolgt, sind die Produktionslinien für die Verarbeitung der Eingangsmaterialien, die für gefällte Phosphatsalze und deren Folgeprodukte zulässig sind, klar von den Produktionslinien zur Verarbeitung anderer Eingangsmaterialien zu trennen.

3.1.3 Anforderungen an das rückgewonnene Material

Unabhängig vom Eingangsmaterial gilt für die Phosphatsalze und deren Folgeprodukte:

- a) Ein minimaler P_2O_5 -Gehalt von 16 % bezogen auf die Trockenmasse.
- b) Ein maximaler Gehalt an organischem Kohlenstoff von 3 % bezogen auf die Trockenmasse.
- c) Nicht mehr als 3 g/kg Trockenmasse an makroskopischen Verunreinigungen wie organische Stoffe, Steine, Glas, Metall und Kunststoff, die größer als 2 mm sind.
- d) Nicht mehr als 5 g/kg Trockenmasse an in Punkt c) genannten makroskopischen Verunreinigungen.
- e) Die Summe an Aluminium und Eisen darf 10 % der Trockenmasse nicht überschreiten.
- f) Im Hinblick auf organische Schadstoffe darf der Gehalt an PAK_{16} in Produkten aus Abwasser und Klärschlamm von kommunalen Kläranlagen (ausgenommen tierische Nebenprodukte) nicht größer sein als 6 mg/kg Trockenmasse.

Die Trockenmasse für die angeführten Vorschriften ist durch Vakuumtrocknung bei 40 °C bis zur Massenkonzanz zu bestimmen.

Für den Fall, dass für die PFC eines EU-Düngeprodukts aus Phosphatsalzen oder deren Folgeprodukten keine Anforderungen für *Salmonella* spp., *Escherichia coli* oder *Enterococcaceae* festgelegt sind, dürfen diese Krankheitserreger die angeführten Grenzwerte nicht überschreiten:

Mikroorganismen	Probenahmeplan			Grenzwert
	n	c	m	M
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0	Kein Befund in 25 g oder 25 ml
<i>Escherichia coli</i> oder <i>Enterococcaceae</i>	5	5	0	1.000 in 1 g oder 1 ml

Stammt das Eingangsmaterial für die Phosphatsalze oder deren Folgeprodukte aus **Abwasser und Klärschlamm von kommunalen Kläranlagen** (ausgenommen tierische Nebenprodukte), dürfen zusätzlich die folgenden Grenzwerte nicht überschritten werden:

Mikroorganismen	Probenahmeplan			Grenzwert
	n	c	m	M
<i>Clostridium perfringens</i>	5	5	0	100 KBE in 1 g oder 1 ml
<i>Ascaris</i> sp. lebensfähige Eier	5	0	0	Kein Befund in 25 g oder 25 ml

Dabei gilt jeweils:

n = Anzahl an Proben, die getestet werden müssen

c = Anzahl an Proben, in denen die Keimzahl, ausgedrückt als KBE (Koloniebildende Einheit), zwischen m und M liegt

m = Schwellenwert der als zufriedenstellend erachteten Keimzahl, ausgedrückt in KBE

M = Höchstwert der Keimzahl, ausgedrückt als KBE

Die genannten Anforderungen an Krankheitserreger gelten nicht, wenn die gefällten Phosphorsalze oder alle biogenen Eingangsmaterial entweder

- bei Kerntemperaturen von mehr als 133 °C, für mindestens 20 min und einem absoluten Druck von 3 bar drucksterilisiert wurden, wobei der Druck durch Evakuierung der gesamten Luft im Sterilisationsraum und ihre Ersetzung durch Dampf („gesättigter Dampf“) erzeugt werden muss,
- oder durch Verarbeitung in einer Pasteurisierungs- oder Hygienisierungsanlage mindestens eine Stunde bei (zumindest) 70 °C behandelt wurden.

3.1.4 Empfehlungen der Expert:innengruppe

Schadstoffe in ausgefällten Phosphorsalzen

Im Klärschlamm enthaltene anorganische Schadstoffe werden durch eine gezielte Fällung nur zu geringen Anteilen gebunden. Mit Ausnahme von Kupfer liegen alle Schwermetalle in geringeren Konzentrationen als in Rohphosphaten vor [7]. Gesonderte Maßnahmen sind daher nicht erforderlich.

Auch organische Schadstoffe werden nur geringfügig in die Phosphorsalze übertragen. Insbesondere bei Phosphorsalzen, die aus Entwässerungszentraten gewonnen werden, kann ein Großteil dieser Schadstoffe nicht mehr detektiert werden. Auch bisherige Risikobewertungen zeigen keine erhöhten negativen Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Grundwasser und Mensch durch Phosphorsalze [7]. Um die Gehalte organischer Schadstoffe (v. a. bei Fällung aus dem Faulschlamm) gering zu halten, sollte eine optimale Abtrennung der Phosphorsalze von der organischen Masse erreicht werden. Dies kann durch mehrstufige Reaktorsysteme und Wäsche des Materials erreicht werden.

Fällung von Phosphorsalzen vor der Klärschlammmonoverbrennung

Bei einer weiteren Verarbeitung des Klärschlammes in Monoverbrennungsanlagen zur Herstellung von Klärschlammaschen für die P-Rückgewinnung sollte eine Fällung der Phosphorsalze auf der Kläranlage vermieden werden. Durch eine vorherige Fällung wird die P-Konzentration in den erzeugten Klärschlamm-

aschen reduziert und mindert somit die Wirtschaftlichkeit der Verwertung dieser Aschen. Ist eine Fällung zur Verbesserung der Schlammmentwässerbarkeit sinnvoll, sollten die Phosphorsalze lediglich in den Klärschlamm gefällt und nicht abgetrennt werden. Bei dieser Fällung sollte im Falle der späteren Rückgewinnung des Phosphors aus den Klärschlammaschen auf Eisen- und Aluminiumfällmittel verzichtet werden, da diese für die Rückgewinnung hinderlich sind und stattdessen magnesium- und/oder kalziumhaltige Fällmittel verwendet werden.

3.2 Thermisch oxidierte Materialien und deren Folgeprodukte (CMC 13)

3.2.1 Erlaubte Eingangsmaterialien

Ein EU-Düngeprodukt darf durch thermische Oxidation gewonnene Materialien enthalten, die durch thermochemische Umwandlung unter nicht sauerstofflimitierenden Bedingungen aus Klärschlamm von kommunalen Kläranlagen und anderen Eingangsmaterialien entsprechend der Verordnung [4] gewonnen wurden.

Im Rahmen der Verbrennung des Klärschlammes aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen dürfen auch andere Abfälle und Brennstoffe (wie bspw. natürliches Gas, Heizöl, Kohle sowie Biomasse) eingesetzt werden. Eine detaillierte Empfehlung zu konkreten Abfällen und Brennstoffen ist in Kapitel 3.2.7.) angeführt.

Thermisch oxidierte Materialien, die eine oder mehrere gefahrenrelevante Eigenschaften (nach Richtlinie 2008/98/EG) aufweisen, dürfen mit Abfällen/Stoffen nicht mit der Absicht vermischt werden, die enthaltenen gefährlichen Stoffe auf Werte unterhalb der festgelegten Grenzwerte zu senken. Hersteller, die gefährliche Abfälle/Stoffe verwenden, müssen anhand einer Massenbilanz nachweisen, dass die Schadstoffe entfernt oder unter die Grenzwerte reduziert werden.

Anmerkung: Im ÖWAV-Expert:innenpapier „Kritische Ressource Phosphor“ wurden Tiermehle als potenzieller P-reicher Input für die gemeinsame Verbrennung mit Klärschlamm diskutiert. Laut EG-Verordnung [4] dürfen nur Tiermehle der Kategorie 2 und Kategorie 3 thermisch oxidiert und aus den Aschen ein Düngemittel hergestellt werden. Kategorie-1-Tiermehle (hohes Infektionsrisiko) sind also keine zulässigen Eingangsmaterialien.

3.2.2 Anforderungen an den Prozess

Die thermische Oxidation hat unter nicht-sauerstofflimitierenden Bedingungen zu erfolgen. Die Betreiber von Anlagen zur thermischen Oxidation müssen dabei sicherstellen,

- dass die thermische Oxidation in einem Verbrennungsraum/einer Brennkammer erfolgt,
- dass nur nicht-kontaminierte Eingangsmaterialien verarbeitet werden, oder Eingangsmaterialien, die einmalig und unbeabsichtigt mit anderen Materialströmen kontaminiert wurden, und nur Spuren exogener Verbindungen vorhanden sind,
- dass die Produktionslinien der genannten Eingangsmaterialien klar von den Linien zur Verarbeitung anderer Materialien getrennt sind,
- dass das Eingangsmaterial soweit oxidiert wird, dass der Gehalt an organischem Kohlenstoff in den Schlacken oder Bodenäsche weniger als 3 % der Trockenmasse beträgt,
- dass nach der thermochemischen Umwandlung bei Lagerung ein physikalischer Kontakt zwischen Eingangs- und Ausgangsmaterialien verhindert wird.

3.2.3 Anforderungen an das Eingangsmaterial

Die Eingangsmaterialien müssen Aschen oder Schlacken sein, die nicht mehr enthalten als:

- 6 mg PAK₁₆ pro kg Trockenmasse und
- 20 ng PCDD/F WHO Toxizitätsäquivalente pro kg Trockenmasse.

3.2.4 Anforderungen an das rückgewonnene Material

Folgende Grenzwerte müssen im Düngeprodukt eingehalten werden:

- weniger als 30 g Cl⁻/kg Trockenmasse (nur anwendbar, wenn Cl⁻ ein unbeabsichtigter Bestandteil des Eingangsmaterials ist),
- weniger als 400 mg Cr/kg Trockenmasse,
- weniger als 2 mg Tl/kg Trockenmasse.

Tabelle A 1 im Anhang enthält eine Zusammenstellung der einzuhaltenden Grenzwerte der EU-Düngeproduktverordnung für die Herstellung eines anorganischen Makronährstoff-Düngeprodukts sowie die zusätzlichen Anforderungen laut der delegierten Verordnung.

3.2.5 REACH-Registrierung

Prinzipiell müssen alle durch thermische Oxidation gewonnenen Materialien und deren Folgeprodukte, die zu einem EU-Düngemittel verarbeitet werden, gemäß REACH registriert werden (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006). Ausnahmen von der Registrierungspflicht finden sich in Anhang IV und Anhang V, Nummern 6, 7, 8, oder 9 der REACH-Verordnung.

Da ein Stoff aber nicht zugleich Abfall und registrierpflichtig nach REACH sein kann und da durch die delegierte Verordnung der EK für CMC 13 kein vorzeitiges Abfallende festgelegt wird, ist eine REACH-Registrierung von Klärschlammasche, aus der ein Düngemittel hergestellt wird, nicht erforderlich.

3.2.6 Verwertungswege am Beispiel des kommunalen Klärschlamm

Als zugelassenes Eingangsmaterial kann kommunaler Klärschlamm unter Zugabe erlaubter Additive thermisch oxidiert werden. Abhängig von der Qualität der anfallenden Klärschlammasche ist eine

- direkte landwirtschaftliche Verwertung einer „unbehandelten Premium Asche“ („raw premium ashes“) oder
- eine weitergehende thermische oder nass-chemische Behandlung der Aschen zu einem verarbeiteten aschebasierten Material („post-processed ash based product“) möglich.

Grundsätzlich müssen bei der Herstellung die Anforderungen der CMC 13 [4] (durch thermische Oxidation gewonnene Materialien und deren Folgeprodukte) und im Endprodukt die Grenzwerte der jeweiligen PFC [1] eingehalten werden. Beispielhaft sind im Anhang dieses Papiers die Grenzwerte für ein anorganisches Makronährstoff-Düngemittel (PFC 1(C)(I)) angeführt.

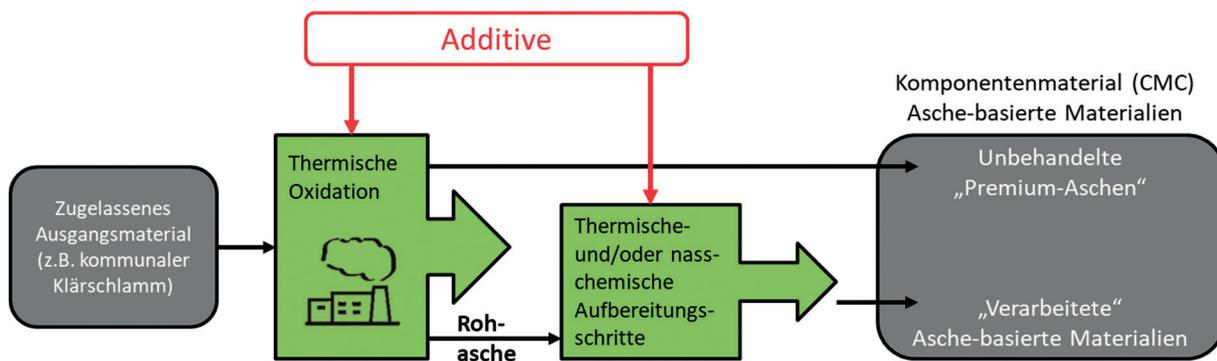


Abb. 1 Weg vom kommunalem Klärschlamm zu einem zugelassenen Düngematerial

3.2.7 Empfehlungen der Expert:innengruppe

Anforderungen an den Klärschlamm vor der Verbrennung

Kalkstabilisierung

Mit Kalk stabilisierte Klärschlämme weisen Ca-Gehalte von 50 – 150 g/kg TS (ungekalkt: 20 – 50 mg/kg TS) auf. Kalk hat bei der Verbrennung keinen energetischen Nutzen. Nach der Verbrennung kann der Ca-Gehalt im Bereich von 100 – 300 g/kg Asche liegen. Gleichzeitig wird der Gehalt an Phosphor reduziert. Kalkstabilisierte Klärschlämme sind aufgrund der raschen Karbonatisierung von $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ nicht gefährlich betreffend HP4 (reizend), HP5-STOT (spezifische Zielorgantoxizität/Aspirationsgefahr) und HP14 (ökotoxisch). Auch nach der Verbrennung kann die anfallende Klärschlammasche als nicht gefährlich angesehen werden.

Bio-P und Einfluss auf Verfügbarkeit in der Asche

Im Vergleich mit handelsüblichen Mineraldüngern ist die Phosphoraufnahme aus unbehandelten Klärschlammaschen, aufgrund der auf Kläranlagen vorherrschenden Fällung des Phosphors mit Al/Fe-Produkten, gering. Durch eine Umstellung der Phosphorentfernung auf eine erhöhte biologische Phosphorentfernung (Bio-P) kann die Pflanzenverfügbarkeit des P gesteigert werden [6]. Dies ist insbesondere dann zu empfehlen, wenn eine direkte landwirtschaftliche Verwertung der Aschen angedacht wird.

Zusätzliche Anforderungen an den Prozess

Guter Ausbrand

Für die Klärschlammasche wird auch im Hinblick auf eine gute Zerstörung der organischen Verbindungen und damit auch der organischen Schadstoffe ein TOC-Gehalt von < 1 % empfohlen. Diese Empfehlung liegt deutlich unter den geforderten < 3 %. Weniger als 1 % TOC ist mit Verbrennungstechnologien nach dem Stand der Technik problemlos zu erreichen bzw. kann sogar noch deutlich unterschritten werden.

Eingangsmaterialien für die Verbrennung

Kommunaler Klärschlamm darf mit zahlreichen weiteren Eingangsmaterialien (Abfälle oder andere Brennstoffe) verbrannt werden. Aus Sicht der späteren Rückgewinnung von Nährstoffen ist darauf zu achten, dass es dadurch zu keinen nachteiligen Auswirkungen auf Folgeprozesse kommt. Nachteilig ist z. B. eine zu starke Verdünnung der Nährstoffe durch eine gleichzeitige Verbrennung von aschereichen aber nährstoffarmen Materialien.

Es wird empfohlen, dass der Klärschlamm mehr als 50 M.-% des Inputs in die Verbrennungsanlage beiträgt. Durch den hohen Aschegehalt von Klärschlamm wird damit erreicht, dass der Phosphor-Gehalt

in der Verbrennungsgasche nicht zu stark verdünnt wird. Damit ist auch sichergestellt, dass die entstehende Verbrennungsgasche der SN 31318 „Asche aus der Verbrennung von kommunalem Klärschlamm“ zugeordnet werden kann. Denn in den Hinweisen und Anmerkungen zu dieser Schlüsselnummer in der Abfallverzeichnisverordnung findet sich die Klarstellung, dass diese Schlüsselnummer nur für Aschen aus der Verbrennung von überwiegend kommunalem Klärschlamm gilt.

Generell ist die Zufeuerung von Abfällen unter Berücksichtigung folgender Einschränkungen zulässig:

- kein Einsatz gefährlicher Abfälle,
- kein Einsatz gemischter Siedlungsabfälle bzw. von Fraktionen daraus und
- kein Einsatz tierischer Nebenprodukte der Kategorie 1.

Unter Berücksichtigung des Asche-, Schadstoff- und Phosphorgehalts sowie des Heizwerts und der anfallenden Mengen ist die Verbrennung der folgenden Abfallfraktionen zusammen mit Klärschlamm möglich und sinnvoll (Abfälle gem. Abfallverzeichnisverordnung 2020, BGBl. II Nr. 409/2020). Bei der Behandlung von Altholz ist das Recyclinggebot gemäß § 4 Abs. 1 Recyclingholzverordnung, BGBl. II Nr. 160/2012 idgF, einzuhalten. D. h. nur Altholz, das nicht dem Recyclinggebot unterliegt, darf gemeinsam mit Klärschlamm verbrannt werden.

- SN-Gruppe 11 „Nahrungs- und Genussmittelabfälle“ (ausgenommen gefährliche Abfälle),
- SN-Gruppe 12 „Abfälle pflanzlicher und tierischer Fetterzeugnisse“ (ausgenommen gefährliche Abfälle),
- SN 17101 „Rinde aus der Be- und Verarbeitung“,
- SN 17104 „Holzschleifstäube und -schlämme“,
- SN 17114 „Staub und Schlamm aus der Spanplattenherstellung“,
- SN 17201 01 „Holzballagen und Holzabfälle, nicht verunreinigt; (aus) behandeltes(m) Holz“,
- SN 17201 03 „Holzballagen und Holzabfälle, nicht verunreinigt; (aus) behandeltes(m) Holz, schadstofffrei“,
- SN 17202 01 „Bau- und Abbruchholz; (aus) behandeltes(m) Holz“,
- SN 17202 03 „Bau- und Abbruchholz; (aus) behandeltes(m) Holz, schadstofffrei“,
- SN 17211 „Sägemehl und Sägespäne, durch organische Chemikalien (zB ausgehärtete Lacke, organische Beschichtungen) verunreinigt, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften“,
- SN 17218 „Holzabfälle, organisch behandelt (zB ausgehärtete Lacke, organische Beschichtungen)“,
- SN 18101 „Rückstände aus der Zellstoffherstellung“,
- SN 31306 „Holzasche, Strohasche (Pflanzenasche)“, eingeschränkt auf Rückstände von Holzvergasungsanlagen, die Biomasse und keine Abfälle einsetzen,
- SN 31319 „Rückstände aus Abfallpyrolyseanlagen für Biomasseabfälle“,
- SN 91301 „Gärrückstände aus der anaeroben Abfallbehandlung“,
- SN 91306 „organische Sortierreste (zB Siebüberlauf, Holz)“,
- SN 91701 „Garten- und Parkabfälle sowie sonstige biogene Abfälle, die nicht den Anforderungen der Kompostverordnung idgF entsprechen“,
- SN 92105 67 „Holz; Baum- und Strauchschnitt“,
- SN 94901 „Rückstände aus der Gewässerreinigung (Bachabkehr-, Abmäh- und Abfischgut)“,
- SN 94902 „Rechengut aus Rechenanlagen von Kraftwerken“.

Im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung kann in Abhängigkeit von der nachfolgenden Art der Phosphorrückgewinnung bzw. Phosphornutzung auch der Einsatz von Schlämmen aus der Zellstoff- und Papierherstellung (SN 94802 „Schlamm aus der mechanischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung“ und SN 94803 „Schlamm aus der biologischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung“) sinnvoll sein.

Andere als die oben angeführten Abfälle sollten bis zu einem Anteil von in Summe maximal 5 M.-%, bezogen auf den Klärschlamminput, in der Verbrennungsanlage eingesetzt werden.

Neben Abfällen können noch geeignete Ersatzbrennstoffprodukte (bspw. aus Holzabfällen, aus Tiermehl und Tierfett der Kategorie 2 und 3, aus Ölsaatenrückständen oder aus Speiseöl) sowie andere geeignete Brennstoffe (bspw. Erdgas, Heizöl, Kohle, Holz (Rinde, Sägespäne, Schwarten, Spreißel, Kapp- und Schnittholz, Waldhackgut) sowie landwirtschaftliche Nebenprodukte) eingesetzt werden.

Auf die Vorgaben bei der Verbrennung von Klärschlamm in Mitverbrennungsanlagen gemäß § 6a der Abfallverbrennungsverordnung (BGBl. II Nr. 389/2002, idgF) wird hingewiesen.

3.3 Durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien (CMC 14)

3.3.1 Erlaubte Eingangsmaterialien

Ein EU-Düngeprodukt darf durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien enthalten, die durch thermochemische Umwandlung unter sauerstofflimitierenden Bedingungen gewonnen wurden.

Kommunaler Klärschlamm wurde **nicht in die Liste der erlaubten Eingangsmaterialien** zur Herstellung von Materialien aufgenommen, die unter sauerstofflimitierten Bedingungen erzeugt werden. Folglich werden in diesem Kapitel die Prozessbedingungen oder auch die Anforderungen an das Material nicht gesondert dargestellt. Einer der Hauptgründe für die Nichtberücksichtigung von Klärschlamm war, dass zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Vorschriften unzureichende Informationen zu den Qualitäten der Düngeprodukte auf Basis von Klärschlamm vorlagen.

Im Vergleich zu den thermischen Prozessen (Sauerstoffüberschuss) mit vollständiger Mineralisierung des Eingangsmaterials, werden die Eingangsmaterialien bei thermochemischen Prozessen unter verschiedenen Drücken, Temperaturen und Aufenthaltszeiten nicht vollständig mineralisiert. Es kommt zur (Teil-) Umwandlung der enthaltenen Kohlenstoffverbindung (Kohlen, Biokohlen).

Klärschlämme enthalten verschiedene organische nicht gefährliche, aber auch ein breites Spektrum an persistenten gefährlichen organischen Spurenstoffen (Medikamentenrückstände, quartäre Ammoniumverbindungen etc.). Durch die thermochemischen Prozesse besteht das Risiko, dass Schadstoffe nicht ausreichend zerstört werden bzw. sogar unerwünschte Umwandlungsprozesse stattfinden.

4 LITERATURVERZEICHNIS

[1] **EU Düngeprodukteverordnung:** Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1069/2009 und (EG) Nr. 1107/2009 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2003/2003

[2] **Huygens D., Saveyn HGM., Tonini D., Eder P., Delgado Sancho L.,** Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation (EU) 2019/1009) - Process and quality criteria, and assessment of environmental and market impacts for precipitated phosphate salts & derivatives, thermal oxidation materials & derivatives and pyrolysis & gasification materials, EUR 29841 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-09888-1, doi:10.2760/186684, JRC11785

[3] **DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2021/2086** der Kommission vom 5. Juli 2021 zur Änderung der Anhänge II und IV der Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Aufnahme von gefälltten Phosphatsalzen und deren Folgeprodukten als Komponentenmaterialkategorie in EU-Düngeprodukten

[4] **DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2021/2087** der Kommission vom 6. Juli 2021 zur Änderung der Anhänge II, III und IV der Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Aufnahme von durch thermische Oxidation gewonnenen Materialien und deren Folgeprodukten als Komponentenmaterialkategorie in EU-Düngeprodukten

[5] **DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2021/2088** der Kommission vom 7. Juli 2021 zur Änderung der Anhänge II, III und IV der Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Aufnahme von durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnenen Materialien als Komponentenmaterialkategorie in EU-Düngeprodukten

[6] **Kratz, S., Vogel, C., Adam, C., 2019.** Agronomic performance of P recycling fertilizers and methods to predict it: a review. *Nutr Cycl Agroecosyst.* doi:10.1007/s10705-019-10010-7

[7] **Kraus, F., Zamzow, M., Hoffmann, C., Bessai, A.-K., Fischinger, S., Muskulus, A., Kabbe, C., 2019.** Einsatzmöglichkeiten für Nährstoffzyklate im Ökolandbau (nurec4org). Kompetenzzentrum Wasser Berlin, Bioland Beratung, Institut für Agrar- und Stadökologische Projekte, P-REX Environment. Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Berlin.

5 ANHANG

Tab. A 1 Grenzwerte für anorganische Makronährstoff-Düngeprodukte laut DüngeprodukteVO und der delegierten Verordnung [4] für durch thermische Oxidation gewonnene Materialien

	EU-DüngeproduktVO PFC 1(C)(I) Anorganisches Makronährstoff-Düngemittel	Zusätzliche Parameter Delegierte Verordnung der EK
Cd	3 mg/kg TM (< 5 % P ₂ O ₅)	
	60 mg/kg TM (> 5 % P ₂ O ₅)	
Cr (VI)	2 mg/kg TM	
Hg	1 mg/kg TM	
Ni	100 mg/kg TM	
Pb	120 mg/kg TM	
As	40 mg/kg TM	
Biuret (C ₂ H ₅ N ₃ O ₂)	12 g/kg TM	
Perchlorat (ClO ₄ ⁻)	50 mg/kg TM	
Cu ¹⁾	600 mg/kg TM	
Zn ¹⁾	1500 mg/kg TM	
Cl ⁻ ²⁾		30 g/kg TM
Cr		400 mg/kg TM
TI		2 mg/kg TM

¹⁾ Diese Grenzwerte gelten nicht, wenn dem Düngeprodukt zur Behebung eines Spurennährstoffmangels im Boden absichtlich Kupfer (Cu) oder Zink (Zn) zugesetzt wurde und dies deklariert wird.

²⁾ Dieser Grenzwert gilt jedoch nicht für EU-Düngeprodukte, die in einem Verfahren hergestellt werden, bei dem eine Cl⁻-haltige Verbindung zugesetzt wurde, um Salze von Alkalimetallen oder Erdalkalimetallen herzustellen



zukunft
SEIT 1909
denken

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

Gegründet 1909

1010 Wien, Marc-Aurel-Straße 5

Tel. +43-1-535 57 20, Fax +43-1-535 40 64, buero@oewav.at, www.oewav.at

Das österreichische **Kompetenz-Zentrum**
für **Wasser-, Abwasser- und Abfallwirtschaft.**

Veranstaltungen

- Österreichische Abfallwirtschaftstagung
- Österreichische Wasserwirtschaftstagung
- Österreichische Umweltrechtstage
- Seminare und Fortbildungskurse zu aktuellen Themen der Wasser- und Abfallwirtschaft
- Erfahrungsaustausch für Betreiber von Abfallbehandlungsanlagen
- Kurse für das Betriebspersonal von Abwasseranlagen, Praktikum auf Lehrklär- und Lehrkanalanlagen, Kanal- und Kläranlagen-Nachbarschaften
- Kurse für das Betriebspersonal von Abfallbehandlungsanlagen
- Kurse in den Bereichen Gewässerpflege, kleine Stau- und Sperrenanlagen, Hochwasserschutz- und Beschneigungsanlagen, Wildbachaufsicht und Neophytenmanagement
- Kurse in den Bereichen Recht & Wirtschaft
- Gemeinsame Veranstaltungen mit in- und ausländischen Fachorganisationen
- Exkursionen

Fachgruppen und Arbeitsausschüsse

- Ausarbeitung von Regelblättern, Arbeitsbehelfen und Merkblättern
- Erarbeitung von ExpertInnen-, Positions- und Ausschusspapieren sowie Stellungnahmen zu Gesetzesvorhaben

Beratung und Information

- Auskünfte und individuelle Beratung
- Wasser- und abfallwirtschaftliche Informationsschriften und Beiträge, Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichungen

- Fachzeitschrift „Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft“ (ÖWAW)
- ÖWAV-Homepage (www.oewav.at)
- ÖWAV-News (HTML-Newsletter)
- Tätigkeitsbericht des ÖWAV
- Veröffentlichungen zu Tagungen und Seminaren des ÖWAV
- Regelblätter^{*)}, Arbeitsbehelfe^{*)} und Merkblätter des ÖWAV, Positions- und Ausschusspapiere
- Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen^{*)}
- ÖWAV-WKO-Umweltmerkblätter für Gewerbebetriebe
- KA-Betriebsinfo¹⁾
- Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer¹⁾

Verbindungsstelle (Nationalkomitee) der

- European Water Association – EWA

Mitglied der österreichischen Vertretung zur

- European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services – EurEau (gem. mit ÖVGW)
- International Solid Waste Association – ISWA
- International Water Association – IWA (gem. mit ÖVGW)

^{*)} in Kommission bei Austrian Standards plus GmbH, Wien

¹⁾ Mitherausgeber

