Olaf Holm
Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Peter Quicker
Stefan Kopp-Assenmacher

Verwertung von Klärschlamm

8

Olaf Holm • Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Peter Quicker • Stefan Kopp-Assenmacher

Verwertung von Klärschlamm 8

TK Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar

Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Peter Quicker, Stefan Kopp-Assenmacher (Hrsg.):

Verwertung von Klärschlamm 8

ISBN 978-3-911006-63-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2025
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout: Julia Joschko, Melina Schreiber, Janin Burbott-Seidel, Roland Richter

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Inhaltsverzeichnis

Rahmenbedingungen

Sicherstellung der Phosphorrückgewinnung bis 2029 – Bericht aus der LAGA AG
Ingrid Henze 2

Veränderungen in der Klärschlammverwertung
Andreas Schaudt und Volker Schramm 16

Klärschlammmarkt unter Druck – Zwischen Finanzierungsdruck und Entsorgungssicherheit
Maximilian Brending, Dirk Briese und David Litau 24

Die Schaffung von P-Recyclingkapazitäten unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen
Christian Kabbe 30

Rechtliche Aspekte

Klärschlamm aus der Sicht des Kommunalabgabenrechts
Turgut Pencereci 44

Auswirkungen der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie für Klärschlammverwertung und Phosphorrückgewinnung
Till Elgeti 52

Zum Ende der Abfalleigenschaft von Phosphorrezyklaten
Stefan Kopp-Assenmacher 60

Brüden / Abluft / PFAS

Status Quo Brüdenaufbereitung, Brüdenablaufqualitäten abhängig vom Trocknungsverfahren, Varianten der Brüdenaufbereitung
Anja Gerstenberger, Albert Heindl, Ulrich Brüß und Harald Plank 76

Aqua2N: Umwandlung kritischer Ammoniumstickstoffströme in einen klimafreundlichen Dünger
Lars Bergmann, Yariv Cohen und Anna Lundbom 90

Adaptive Lösungen zur Abluftreinigung für die Klärschlammverwertung im Kontext steigender Grenzwertanforderungen
Andreas Breeger 96

Der Abbau von PFAS in Mono-Verbrennungsanlagen für Klärschlamm: aktueller Stand der Technik und experimentelle Kampagnen
Marco Alberio und Margit Löschau 108

Thermische Verwertung / Verbrennung

Integration eines Drehrohrsystems zur Monoverbrennung von Klärschlamm in eine Abfallverbrennungsanlage
Stephan Prätz, Fabian Fonseca und Bernhard Zimmermann 126

Neuerrichtung einer Klärschlammverbrennungsanlage unter besonderen baulichen und technischen Herausforderungen
Anojan Santhirasegaran, Benedikt Tressner und Frank Braun 140

Von der Forschung in die Praxis: Betriebserfahrungen aus der kleinsten Klärschlammverbrennungsanlage der Welt
Erik Peters, Matthias Schnell, Kirsten Stark und Peter Quicker 154

KVA Stavenhagen: Von der Inbetriebsetzung bis Service – Erfahrungen aus der Praxis
Andreas Schott und Benjamin Scharfetter 166

Phosphorrückgewinnung

Langzeitlagerung von Klärschlammaschen ab 2029? Erste Erfahrungen zur Phosphorrückgewinnung aus deponierten Klärschlammverbrennungsaschen
Sarah Müller, Hannes Herzel, Christian Adam und David Montag 192

Erkenntnisse und Praxisimpulse aus der BMFTR-Fördermaßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)
Sophia Schüller und Johannes Pinnekamp 204

Ansätze zur P-Rückgewinnung in Deutschland – Potentiale und Herausforderungen vor dem Hintergrund der Rahmenbedingungen
Jürgen Eschment und Peter Fröhlich 216

Erste Praxiserfahrungen einer mobilen Anlage zur reduktiven P-Remobilisierung nach dem iPHOS-Verfahren
Joachim Clemens, Christine Oeppert und Martin Teloo 228

Success-Story $CaNaPO_4$: Erfolgreiche REACH Registrierung und Inbetriebnahme großtechnischer Anlagen
H. Herzel, D. Leimkötter, L. Hermann, J. Emter, C. Brey, J. Künstler, S. Hartmann, G. Kranach, N. Moggert, P. Kurz, C. Eder, B. Grimm und C. Adam 236

Dank 258

Autorenverzeichnis 262

Inserentenverzeichnis 266

Schlagwortverzeichnis 276

Vivis-Events



Seit 50 Jahren begleiten wir die Kreislaufwirtschaftsbranche und bieten den verschiedenen Akteuren ein Forum des Wissens- und Erfahrungsaustauschs.

Wir bieten aktuell vier Konferenzen im Jahr an, die sich jeweils einem bestimmten Themenbereich der Abfallwirtschaft widmen – Thermische Verfahren, Recycling und Sekundärrohstoffe, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle (einschl. Deponien) und Klärschlamm. Die Veranstaltungsreihen finden in einem einjährigen Rhythmus statt und stellen die aktuellen politischen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Entwicklungen vor.

Wir bieten eine Plattform, auf der sich die verschiedenen Akteure und Sektoren miteinander austauschen und vernetzen können. Unser persönliches Ziel ist, mit unseren Konferenzen zum Nachdenken anzuregen, Projekten Anschub zu geben und positive Entwicklungen in der Kreislaufwirtschaft voranzutreiben.

Das umfassende Wissen der Vortragenden wird in Fachbeiträgen ausführlich dokumentiert und im Anschluss an die Konferenzen in qualitativ anspruchsvollen Büchern und E-Books präsentiert.

Unsere aktuellen Konferenzen im Überblick:

Berliner Konferenz Abfallwirtschaft und Energie
Berliner Konferenz Metallkreisläufe
Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle
Berliner Klärschlammkonferenz

Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder-Neuruppin
Tel. +49 3391 4545 0
E-Mail: registration@vivis.de

VIVIS.de

Rahmenbedingungen

Ensuring Phosphorus Recovery by 2029 – Report from LAGA AG

Ingrid Henze

The LAGA working group *Ensuring phosphorus recovery by 2029* was established to clarify open questions regarding the implementation of the recovery obligation from 2029 onwards. The focus is on three topics: the early apportion ability of costs to wastewater fees, the tendering of sewage sludge and ash for recycling, and the legal and technical framework conditions for long-term storage.

It is clear that the costs of phosphorus recovery can already be allocated to wastewater fees today if it is technically possible and economically reasonable. Other key factors are period accuracy (allocations are only permitted for costs incurred in the respective period) and operational necessity. Income from the sale of recovered phosphorus must be taken into account to reduce charges.

For tenders, early planning beyond 2029 is recommended. Contracts should reflect the obligation to recover phosphorus in accordance with the specifications and have long-term durations. Market research is useful as preparation, as is the merger of several sewage sludge producers in order to bundle small quantities. Costs can be compared using indices in price escalation clauses.

With regard to long-term storage, it should be noted that this is a facility subject to approval, for which written proof of the planned retrieval and subsequent material recycling must be provided. The obligation to provide proof may be suspended for a limited period of 10 years for sewage sludge incineration ash.

Technical requirements for long-term storage relate to installation, dismantling, sealing, dust protection and seepage water management. Complete and traceable documentation and organisational precautions are necessary to ensure subsequent phosphorus recovery.

Based on this report, the issues will be further addressed in order to develop practical solutions for ensuring phosphorus recovery by 2029.

Sicherstellung der Phosphorrückgewinnung bis 2029 – Bericht aus der LAGA AG

Ingrid Henze

1. Hintergrund 4

2. Umlagefähigkeit der Gebühren 5

3. Ausschreibung 9

4. Rechtlicher Rahmen der Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsaschen 10

5. Technische Anforderung an die Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsaschen 12

6. Quellen 14

Die LAGA-Arbeitsgruppe *Sicherstellung der Phosphorrückgewinnung bis 2029* wurde eingerichtet, um offene Fragen zur Umsetzung der Rückgewinnungspflicht ab 2029 zu klären. Im Zentrum stehen drei Themenfelder: die vorfristige Umlagefähigkeit der Kosten auf Abwassergebühren, die Ausschreibung von Klärschlamm und Aschen zur Verwertung sowie die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen der Langzeitlagerung.

Es wird klar, dass die Kosten der Phosphorrückgewinnung schon heute grundsätzlich über die Abwassergebühren umlagefähig sein können, wenn es technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Maßgeblich sind zudem die Periodengerechtigkeit – Umlagen sind nur für in der jeweiligen Periode entstandene Kosten zulässig –, sowie die Betriebsbedingtheit. Einnahmen aus dem Verkauf des rückgewonnenen Phosphors sind gebührenmindernd zu berücksichtigen.

Für Ausschreibungen wird eine frühzeitige Planung über das Jahr 2029 hinaus empfohlen. Verträge sollten die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung entsprechend den Vorgaben abbilden und über langfristige Laufzeiten verfügen. Markterkundungen sind als Vorbereitung sinnvoll, ebenso der Zusammenschluss mehrerer Klärschlammerzeuger, um geringe Mengen zu bündeln. Die Kosten können über Indizes in Preisgleitklauseln verglichen werden.

Hinsichtlich der Langzeitlagerung ist festzuhalten, dass es sich um eine genehmigungspflichtige Anlage handelt, für die ein schriftlicher Nachweis für die geplante Rückholung und spätere stoffliche Verwertung vorliegen muss. Die Nachweispflicht kann für Klärschlammverbrennungsaschen befristet, für 10 Jahre, ausgesetzt werden.

Dank

Erfreulicherweise haben wir in diesem Jahr ein aktuelles Foto des neuen vivis-Teams für diese Danksagung, auch weil Elisabeth Thomé-Kozmiensky aus ihrer wohlverdienten Elternzeit zurück ist und sich freudig und gewohnt engagiert direkt in sämtliche ihre Arbeitsbereiche gestürzt hat. Die Veränderungen im Team haben selbstverständlich Auswirkungen auf die Zusammenarbeit und die Abläufe. Insbesondere die Erfassung, Überarbeitung und Illustration der Fachbeiträge beruht auf sehr komplexen Vorgängen, bei denen eine Reihe von Punkten und Details beachtet werden müssen und folglich Routine ein wertvolles Gut ist. Julia Joschko und Melina Schreiber sind zwar noch nicht lange Teil des vivis-Teams, haben sich aber schon sehr gut mit diesen Vorgängen vertraut gemacht und entwickeln nach und nach diese erforderliche Routine. Die Qualitätskontrolle unterlag dann Janin Burbott-Seidel, die mit ihrer Erfahrung auch hier eine große Hilfe war, sich aber ansonsten vornehmlich und sehr umsichtig um die administrativen Aufgaben im Rahmen der Konferenz kümmert. Roland Richter war überwiegend mit Flyer- und Bannererstellungen und der App / dem Webportal betraut und hat diese wie immer mit viel positiver Energie erledigt. Die Bereiche, in denen sich Dagmar Neumann in die Konferenzvorbereitung einbringt, liegen zu großen Teilen noch vor ihr, dennoch bin ich mir sicher, dass sie die durch sie zu verantwortenden Bereiche zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Buches wieder voll im Griff gehabt haben wird. Die Zuarbeit und das vorausschauende Mitdenken von Stephanie Thiel ist bei der Durchführung unserer Projekte immer hilfreich. Allen diesen MitarbeiterInnen danke ich von ganzem Herzen für die Performance im Zyklus für die Berliner Klärschlammkonferenz 2025.



Besonderer Dank gilt den aktiven Mitgliedern des Programmkomitees – also der Wissenschaftlichen Leitung und dem Programmbeirat. Das Kernthema dieses Jahres war zwar schnell definiert – weshalb wir auch wieder eine Podiumsdiskussion in das Programm aufgenommen haben, doch auch hier steckt ja immer ein Menge Arbeit drin, bis alle ReferentInnen angefragt und gewonnen sind und das Programm dann auch in Gänze steht.

Den ReferentInnen danke ich für die Zusagen und hoffe, dass sie wieder alle gesund und munter erscheinen mögen.

Ein großer Dank gilt den AutorInnen unter den ReferentInnen, die mit zusätzlichem Einsatz die Fachbeiträge erstellt und damit die Basis für dieses Buch geschaffen haben. Auch dieses Jahr sind meines Erachtens wieder viele überaus interessante Themen dabei.

Die Ausstellung der Konferenz ist in diesem Jahr sogar noch besser nachgefragt als in der Vergangenheit und wir können uns auf viele neue Firmen freuen, die das erste Mal bei einer unserer Konferenzen dabei sind. Diese Entwicklung ist für uns von besonderem Wert und ich bedanke mich für das Vertrauen und hoffe darauf, dass ihnen unser Angebot gefällt und alle gerne wieder kommen. Die Aussteller und Förderer sind immer auch Inserenten des Buches und daher dem Inserentenverzeichnis zu entnehmen. Wir streben bei unseren Veranstaltungen seit jeher eine hohe Praxisrelevanz an. Egal in welchem TRL (Technology Readiness Level) sich die Projekte aktuell noch befinden, im Endeffekt wünschen wir allen Ansätzen und Produkten einen erfolgreichen Marktein- und auftritt. Der Kreis schließt sich dann, wenn solche praxisrelevanten Themen dann wieder als Vortrag und Fachbeitrag in den kommenden Jahren im Rahmen unserer Konferenzreihe vorgestellt werden.

Bei all denen, die die diesjährige Konferenz auf unterschiedlichste Art und Weise unterstützt haben, bedanke ich mich auch im Namen der Herausgeber ganz herzlich und wünsche Ihnen und den Ihren nur das Beste.

Dr.-Ing. Olaf Holm

Inserentenverzeichnis

Förderer

DOOSAN

Lentjes

PHOSPHORGEWINNUNG

ASH2PHOS SCHKOPAU

PTC

PARFORCE-Technology Cooperation

Wir danken den Inserenten

ANDRITZ

CIRCULAR ECONOMY

DOOSAN Lentjes

Endress+Hauser

Müll und Abfall – Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft

LÖDIGE PROCESS TECHNOLOGY

HUBER TECHNOLOGY – WASTE WATER Solutions

EIRICH

michel. – SLUDGE DRYING SYSTEMS – VERTRIEBSTEAM

EU Recycling + Umwelttechnik – Das Fachmagazin für den europäischen Recyclingmarkt

PHOSPHORGEWINNUNG – ASH2PHOS SCHKOPAU

POWER Service Solutions

PTC – PARFORCE-Technology Cooperation

Putzmeister

iPHOS – Phosphorrückgewinnung

JFE Engineering Group – JFE Standardkessel Baumgarte

steinmüller engineering – The Engineers Company

SusPhos

VENTURO

320°

Wessel – Environmental Technologies – Member of Deurotech Group

ANDRITZ AG — S. 158

Stattegger Straße 18
8045 Graz, Österreich
+43 316 6902 0
welcome@andritz.com
https://www.andritz.com/group-en

Circular Economy – Deutscher Fachverlag GmbH — S. 104

Mainzer Landstraße 251
60326 Frankfurt am Main, Deutschland
+49 69 7595 01
info@dfv.de
https://www.umweltwirtschaft.com/

Doosan Lentjes GmbH — S. 38, 124

Daniel-Goldbach-Straße 19
40880 Ratingen, Deutschland
+49 2102 166 0
DL.Info@doosan.com
https://www.doosanlentjes.com/en/

Endress+Hauser (Deutschland) GmbH+Co. KG — S. 23

Colmarer Straße 6
79576 Weil am Rhein, Deutschland
+49 7621 97501
info.de@endress.com
https://www.de.endress.com/de

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG — S. 8

Genthiner Straße 30 G
10785 Berlin, Deutschland
+49 30 250085 0
ESV@ESVmedien.de
https://www.muellundabfall.de/



Gebrüder Lödige Maschinenbau GmbH S. 190

Elsener Straße 7-9
33102 Paderborn, Deutschland
+49 5251 309 0
info@loedige.de
https://www.loedige.de/



HUBER SE S. 81

Industriepark Erasbach A1
92334 Berching, Deutschland
+49 8462 201 0
info@huber.de
https://www.huber-se.com/de-de/



Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co. KG S. 178

Walldürner Straße 50
74736 Hardheim, Deutschland
+49 6283 510
eirich@eirich.de
https://www.eirich.de/de/



michel GmbH S. 203

Röttbacher Straße 24
97892 Kreuzwertheim, Deutschland
+49 9342 96 48 07
info@schlammtrocknung.com
https://schlammtrocknung.com/



MSV Mediaservice & Verlag GmbH S. 7

Münchner Straße 48
82239 Alling/Biburg, Deutschland
+49 8141 5300 20
info@msvgmbh.eu
https://eu-recycling.com/



Phosphorgewinnung Schkopau GmbH

S. 37, 95

Willy-Brandt-Allee 26
45891 Gelsenkirchen, Deutschland
+49 30 6164 7943
christian.kabbe@easymining.com
https://www.pg-schkopau.de/

Power Service Solutions GmbH

S. 139

Schifferstraße 80
47059 Duisburg, Deutschland
+49 203 8038 0
infobox@power-service.com
https://power-service-solutions.de/



PTC – PARFORCE-Technology Cooperation GmbH

S. 42, 227

Neckarstraße 23
45768 Marl, Deutschland
+49 2365 8726 0
info@ptc-parforce.de
https://ptc-parforce.de/



Putzmeister Concrete Pumps GmbH

S. 177

Max-Eyth-Straße 10
72631 Aichtal, Deutschland
+49 7127 599 0
pcp@putzmeister.com
https://www.putzmeister.com/web/european-union



SF-Soepenberg GmbH

S. 232

Emil-Fischer-Straße 14
46569 Hünxe, Deutschland
+49 281 47556
info@soepenberg.com
https://soepenberg.com/



Standardkessel Baumgarte GmbH

S. 157

Senner Straße 115
33647 Bielefeld, Deutschland
+49 521 9406 0
info@sb-group.de
https://www.standardkessel-baumgarte.com/



Steinmüller Engineering GmbH

S. 153

Fabrikstraße 5
51643 Gummersbach, Deutschland
+49 2261 789 50 0
sales@steinmueller.com
https://www.steinmueller.com/de/startseite.html



SusPhos BV

S. 215

Sixmastraat 1
8932 PA Leeuwarden, Niederlande
+31 683 481 726
info@susphos.com
https://www.susphos.com/de/



Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder, Deutschland
+49 3391 4545 0
medien@tkv-wissen.de; konferenzen@vivis.de
https://books/vivis.de/; https://vivis.de/

VENTURO Ingenieurgesellschaft mbH

S. 74

Curtiusstraße 15
12205 Berlin, Deutschland
+49 30 7978 1828
kontakt@venturo.de
https://www.venturo.de/de/

Verlag 320°

S. 82

Viktualienmarkt 8
80331 München, Deutschland
+49 89 4132 5709
info@320grad.de
https://320grad.de/

Wessel-Umwelttechnik GmbH

S. 103

Kieler Straße 131
22769 Hamburg, Deutschland
+ 49 40 22 868 19 0
info@wessel-umwelttechnik.de
https://wessel-umwelttechnik.de/start/