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

Verwertung von Klärschlamm

5

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

Verwertung von Klärschlamm 5

TK

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 5

ISBN 978-3-944310-65-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm
Alle Rechte vorbehalten

Verlag:	Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2022
Redaktion und Lektorat:	Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout:	Martin Graß, Roland Richter, Claudia Naumann-Deppe, Carolin Pawel, Cordula Müller und Janin Burbott-Seidel

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.

Vorwort

Ein erster kleiner Meilenstein ist erreicht. Seit mittlerweile fünf Jahren findet regelmäßig die Klärschlammkonferenz in Berlin statt. Die Idee für diese, unsere jüngste Konferenzreihe stammt noch aus einer *anderen Zeit*, und wurde vor etwa zehn Jahren geboren.

Anfang der 2010er Jahre sah die Welt noch anders aus, zumindest hier bei uns in Neuruppin.

- Zu der Zeit führte *unser Professor* noch *seinen Laden*, war überall präsent, voller Tatendrang und Ideen.
- E-Books und andere digitale Publikationen waren eine Randerscheinung. Die Mehrheit in Deutschland las Zeitungen und Bücher ausschließlich in gedruckter Form.
- Viren, die die Welt lahmlegen, erlebte man nur in Science-Fiction-Filmen, wenn man Gedankenspielen von Virologen lauschte oder langatmige Risiko-Studien las, denen aber kaum jemand Beachtung schenkte.
- Eine andere Mentalität herrschte auch noch bei vielen Arbeitgebern vor. Neue, flexiblere Arbeitszeitmodelle wurden misstrauisch beäugt. Ebenso suspekt wirkte vielen Chefs das Thema Heimarbeit, barg diese doch das Risiko eines Kontrollverlusts über die Mitarbeiter.

Zehn Jahre scheinen keine lange Zeit zu sein – fünf Jahre muten fast ein bisschen lächerlich an. Wenn Sie sich jedoch vor Augen führen, was sich alles getan hat in dieser kurzen Zeitspanne, wirkt meine Freude über unser fünfjähriges Jubiläum möglicherweise nicht mehr ganz so absurd.

Die Berliner Klärschlammkonferenz ist die erste Konferenzreihe, die wir, die Mitarbeiter *des Ladens*, nach dem Tod meines Vaters, als erstes alleinverantwortlich realisiert haben. 2018 noch klassisch mit gedrucktem Buch zur Konferenz. Die ersten zwei Konferenzen liefen sehr zufriedenstellend, doch dann kam Corona und stellte alles auf den Kopf.

In den Jahren 2020 und 2021 konnte man den Puls der Nation an den Infektionszahlen ablesen – und wir alle verfolgten sie, gezwungenermaßen. Ein verlässlicher Planungshorizont wurde nicht mehr in Monaten oder gar Jahren angegeben, sondern in wenigen Tagen.

Unser Konferenztermin Mitte November fiel in beiden Jahren zusammen mit einer stark ansteigenden Zahl an Neuinfektionen. Dass die Politik mit dieser Entwicklung im Herbst 2020 und 2021 – sagen wir mal wohlwollend – *ge*fordert war, merkte man daran, dass wöchentlich neue Maßnahmen ankündigt wurden und uns jeweils nur wenige Tage blieben, die dann geltenden Infektionsschutzmaßnahmen umzusetzen.

Glücklicherweise scheinen diese Zeiten vorerst hinter uns zu liegen. Das Virus ist noch da, doch es bestimmt nicht mehr so sehr unseren Alltag, und für die Politik und die Wirtschaft sind andere Herausforderungen drängender.

Die zwei Pandemiejahre haben ihre Spuren hinterlassen. Wir als Team des TK Verlags haben uns, unsere Arbeitsweise und manche unserer Ansichten verändert. Wir haben viel gelernt und umgesetzt in dieser Zeit und so manchen Entschluss gefasst.

Für die Teilnehmer der Klärschlammkonferenz und Leser dieses Buchs bedeutet dies:

- Wir werden am klassischen Präsenzformat festhalten.
- Wir werden weiterhin Fachbeiträge zu unseren Konferenzen veröffentlichen.
- Die Fachbeiträge werden zukünftig vorrangig als E-Book veröffentlicht. Eine geringere – an den Bedarf angepasste – Anzahl an Büchern wird weiterhin gedruckt angeboten.
- Wir werden in den kommenden Monaten unseren Online-Auftritt, unser Logo und unsere Programmflyer modernisieren – bleiben Sie gespannt!

Die hohe Qualität und Aktualität der einzelnen Fachbeiträge werden uns – den Herausgebern und dem Verlag dieses Werks – weiterhin ein wichtiges Anliegen sein.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre.

Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Inhaltsverzeichnis

Rahmenbedingungen

Klärschlamm – Die nachwachsende Phosphorquelle
Hans-Walter Schneichel 2

Status Quo der thermischen Klärschlammbehandlung und Phosphorrückgewinnung in Deutschland
Kirsten Stark, Isabell Allwicher, Matthias Schnell, Erik Peters, David Montag, Peter Quicker 8

Ansätze zur alternativen thermischen Klärschlammbehandlung
Matthias Schnell, Kirsten Stark, Peter Quicker 26

BEHG und energieabgabenrechtliche Aspekte bei der Klärschlammverbrennung
Niko Liebheit 39

Generalunternehmer versus Losvergabe – Gegenüberstellung der möglichen Ausschreibungsmodelle für eine Klärschlammverwertungsanlage
Thorsten Moczala, Bodo Luber 48

Trocknung

Stand der Technik und neue Entwicklungen bei der Teiltrocknung von Klärschlämmen vor der Monoverbrennung
Ulrich Jacobs 64

Thermische Verwertung / Verbrennung

Kommunaler Klärschlamm – Viel zu schade zum Verbrennen
Dominik Meinel 78

Synthesegas aus Klärschlamm als Ersatzbrennstoff für industrielle Feuerungsprozesse mit Entfernung der phosphorhaltigen Asche
Alexander Neagos, Tobias Kammler 92

Zukunft für den letzten Dreck – Vom Klärschlamm zum Wertstoff
Uwe Heider 104

Veredlung statt Verbrennung –
praktische Betriebserfahrungen mit der Karbonisierung von kommunalem Klärschlamm
Steffen Heinrich, Karin Heinrich 116

Das TerraNova®ultra Verfahren (Hydrothermale Karbonisierung):
Massenbilanzen, Rückbelastung der Kläranlage und Phosphorrückgewinnung
Marc Buttmann, Erkan Yalcin 128

Dezentrale thermische Klärschlammverwertung
mit Aschemodifikation für ein regionales P-Recycling
Marc Lincke, Lasse Fabian Köhl, Uwe Petasch, Erich Eder, Peter Schöfmann 144

Thermische Klärschlammbehandlung an dezentralen Standorten –
Zwischenergebnisse zum Versuchsbetrieb einer Wirbelfeuerung
Matthias Schnell, Kirsten Stark, Peter Quicker 164

Erfahrungen aus Monoklärschlammverbrennungsprojekten
Matthias Mann 184

Kreislaufwirtschaft – die Zukunft schon heute
Erste Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage der EEW nimmt ihren Betrieb auf
Andreas Dous, Helge Goedecke 200

Besonderheiten und Herausforderungen bei der Erweiterung der VERA Hamburg
Anojan Santhirasegaran, Günter Nebocat, Armin Martz 216

Klärschlammverbrennungslinie 2 Karlsruhe:
Erfahrungen aus der Inbetriebnahme und Optimierung
Sven Dubbert, Stefan Payenberg 234

Abgasreinigung

Erste Erfahrungen aus dem Betrieb konditioniert trockener RGR nach Mono-KSV – Ergebnisse und Konsequenzen für zukünftige Projekte
Rüdiger Margraf 252

PFAS

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) im Klärschlamm
Christian Vogel, Philipp Roesch, Philipp Wittwer, Franz-Georg Simon 270

PFAS Destruction through Incineration at Wastewater Reclamation Facilities – Current Understanding and Research Efforts in North America
Lloyd Winchell 281

Phosphorrückgewinnung

Stand der Planungen und Umsetzungen zur Phosphorrückgewinnungspflicht ab 2029 in Deutschland – Ergebnisse einer Umfrage unter Kläranlagenbetreibern
Tabea Knickel 300

Biological Nutrient Removal with the Hias Process
Torgeir Saltnes, Anders Øfsti, Lars Bergmann 317

Phosphorrecycling mit dem Pontes Pabuli-Verfahren
Matthias Hoger, Lars Leidolph, Claudyn Kidszun 324

Experiences from Phosphorus Recovery Trials with the ViviMag® Technology
Outi Grönfors, Damien Cazalet, Vesa Vuori, Ha Nguyen, Thomas Prot, Anna Haarala, Bengt Hansen 335

Düngung / Nährstoffrecycling

Nährstoffrückgewinnung in Braunschweig
Franziska Gromadecki 354

Zur agronomischen Wirksamkeit von Rezyklaten aus der Abwasserbehandlung – Ein Überblick zu aktuellen Arbeiten
Ute Arnold, Sylvia Kratz 368

Sauberer Phosphor – Rezyklatqualitäten und Frachtenbetrachtung
Christian Kabbe 390

Dank 405

Autorenverzeichnis 408

Inserentenverzeichnis 413

Schlagwortverzeichnis 421

Rahmenbedingungen

Abstract

Sewage Sludge – the Renewable Source of Phosphorus

Hans-Walter Schneichel

Phosphorus is essential for all living cells. It is part of the genetic material and is responsible for the transmission of energy within cells and from cell to cell. In this function, phosphorus is not consumed but used in the sense of a catalyst. It does not become less but remains in the internal cycle. The sewage sludge that inevitably occurs a spart of the wastewater treatment represents a renewable source of phosphorus. Phosphorus is classified by the EU as a critical raw material. Every effort should therefore be made to use phosphorus in the cycle as efficiently and as long as possible.

Klärschlamm – Die nachwachsende Phosphorquelle

Hans-Walter Schneichel

1. Die LAGA-Vollzugshilfe 6

2. Zusammenfassung 7

3. Literatur 7

Ein essentieller Bestandteil aller lebenden Zellen ist Phosphor. Phosphor befindet sich vor allem einerseits in den Erbanlagen und andererseits ist er für die Übertragung von Energie innerhalb der Zellen und von Zelle zu Zelle verantwortlich. In dieser Funktion wird Phosphor nicht *ver*braucht sondern im Sinne eines Katalysators *ge*braucht. Er wird somit nicht weniger, sondern bleibt im internen Kreislauf. Durch den Einsatz von Phosphor in biologischen Prozessen wird er nicht vernichtet, sondern über die Erde verteilt. Denn in die Umwelt gelangt Phosphor über abgestorbene Zellen und im Sinne von Überschussmengen, die nicht in Zellen eingebaut sind. Bei den Tieren und den Menschen sind die Ausscheidungen in fester oder flüssiger Form die Hauptaustragsquellen. In der Natur werden die Nährstoffkreisläufe meist auf sehr kurzem Wege geschlossen. Ausscheidungen der Tiere sind die Nahrungsquellen der Pflanzen, die dann wieder von anderen Tieren aufgenommen werden. Im Rahmen der Zivilisation und der Zunahme der Bevölkerungsdichte wurden im Laufe der Zeit für die Ausscheidungen der Menschen ein spezielles Verfahren entwickelt, das uns Menschen vor der Ausbreitung bestimmter Krankheitserreger schützt und negative Auswirkungen auf die Umwelt begrenzt. Es sind dies das Kanalnetz und die Anlagen zur Behandlung des kommunalen Abwassers. Der im Rahmen der abwassertechnischen Behandlung zwangsweise anfallende Klärschlamm stellt im Hinblick auf Phosphor eine nachwachsende Rohstoffquelle dar.

Die Behandlung des kommunalen Abwassers zählt zur Daseinsvorsorge und ist eine Pflichtaufgabe der Kommunen. Hierfür haben sie Abwasserbehandlungsanlagen errichtet und betreiben sie nach den Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes und der auf dieser Basis erlassenen Rechtsverordnungen. Bei der Behandlung des Abwassers fällt zwangsweise Klärschlamm als Abfall an. Für den Klärschlamm gelten nicht die Vorgaben des Wasserrechtes, sondern die Vorgaben des Abfallrechtes und die auf dieser Basis erlassenen Rechtsverordnungen.

Pro Jahr fallen bundesweit etwa 1,7 Mio. Tonnen Klärschlammtrockenmasse an. Nach einem stetigen Rückgang in den Jahren bis 2012 stagniert die Klärschlammmenge seitdem auf diesem Niveau.

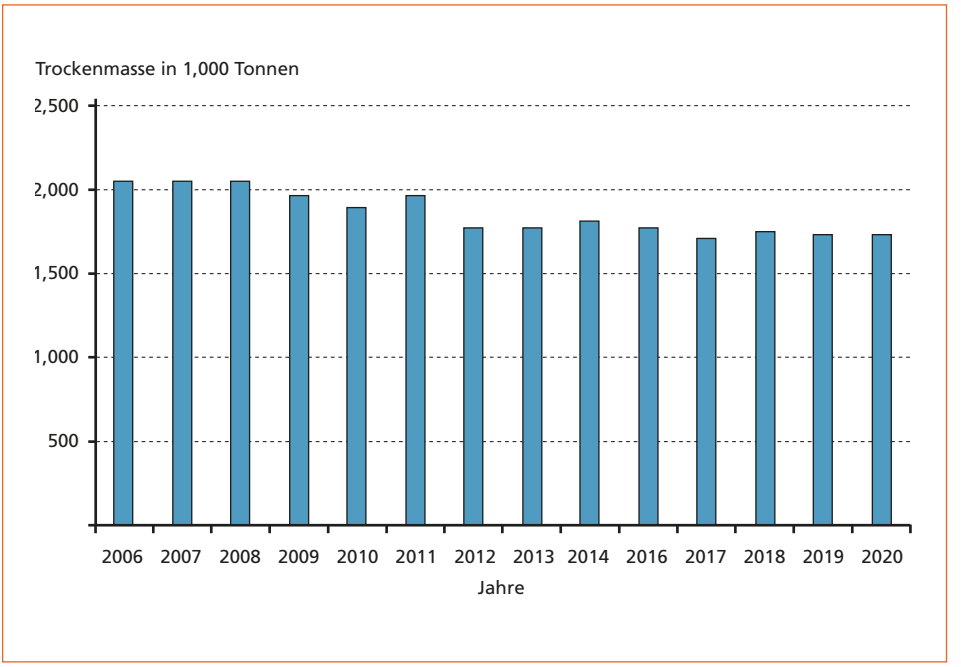


Bild 1: Klärschlammanfall auf Bundesebene von 2006 bis 2020 (Quelle Destatis)

Mit dem Abwasser fließen den Kläranlagen kontinuierlich Phosphate in verschiedenen Verbindungen zu. Diese werden im Rahmen der abwassertechnischen Behandlung durch verschiedene Verfahrensschritte in eine Form überführt, die physikalisch abtrennbar ist. Auf diesem Wege wird Phosphor sehr weitgehend aus dem Wasserstrom entfernt, im Regelfall mit dem Klärschlamm. Statistisch gesehen liegt der Phosphorgehalt nach einer Auswertung der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung im Mittel bei etwa 23 g P/kg in der Klärschlammtrockenmasse. Hieraus resultiert eine Gesamt-Phosphormenge von etwa 39.000 t im Jahr, die in Deutschland in den Klärschlämmen enthalten ist.

Nach abfallrechtlichen Vorgaben hat der Abfallerzeuger die Pflicht, den Abfall, wenn er ihn nicht vermeiden kann, möglichst hochwertig zu verwerten und wenn dies nicht möglich ist, ihn ordnungsgemäß zu beseitigen. Da Klärschlamm nicht vermieden werden kann, soll er möglichst hochwertig verwertet werden. Der im Klärschlamm enthaltene Phosphor kann grundsätzlich weiter genutzt werden. Hierfür muss er aus dem Abwasserstrom und/oder dem Klärschlamm separiert werden. Die Schätzungen der Menge an Phosphor, die aus dem Bereich der Abwasserbehandlung zurückgewonnen und wieder nutzbringend verwendet werden kann, schwanken.