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

Verwertung von Klärschlamm

7



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

Verwertung von Klärschlamm 7

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 7

ISBN 978-3-911006-83-5 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

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

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2024
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout: Julia Joschko, Carolin Pawel, Roland Richter, 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

Vor ziemlich genau einem Jahr – also dem Zeitpunkt, an dem ich das Vorwort für das Vorgängerbuch dieser Buchreihe schreiben durfte – spürte ich die Skepsis in der Branche, ob die politischen Ziele einer Etablierung der weitgehenden Rückgewinnung und Rückführung von Phosphor aus Klärschlamm in den Kreislauf fristgemäß umzusetzen seien und brachte das entsprechend zu Papier.

Sowohl auf der letztjährigen Konferenz selbst als auch im Rahmen der Programmarbeit für die diesjährige Berliner Klärschlammkonferenz wurde dann deutlich, dass kaum noch Akteure aus der Branche von einer flächendeckenden Umsetzung bis 2029/31 ausgehen. Der Slogan, den wir für dieses Jahr zur Bewerbung der Konferenz gewählt haben: „*Die offenen Baustellen*“, wirkt dahingehend schon fast schon etwas weit hergeholt, sind tatsächliche Baustellen doch eher noch die Seltenheit. Die wieder einmal erhofften Erfahrungsberichte aus der Errichtung und Inbetriebnahme von Anlagen finden sich daher auch weiterhin nur vereinzelt in diesem Buch.

Viele Fachbeiträge beschäftigen sich mit kniffeligen rechtlichen Fragestellungen und Rahmenbedingungen. Die hier betrachteten Themen wie der Produktstatus von P-Rezyklaten, der Gebührenfähigkeit der P-Rückgewinnung, der Emissionshandel, die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren und schließlich auch zur (Zwischen-) Lagerung von Klärschlammaschen sind aber natürlich nicht nur für die Errichtungs- und Inbetriebnahmephase von immenser Bedeutung, sondern vor allem für den langfristigen ökonomischen Betrieb solcher Anlagen essentiell und offenbar aus Sicht der Investoren eben nicht ausreichend durchdekliniert.

Maßnahmen, Verfahren und Verfahrenskombinationen zur Energieoptimierung, die sowohl mit Blick auf den Klimaschutz als auch langfristig ökonomisch Vorteile bieten, werden in einigen Fachbeiträgen vorgestellt. Weiterhin gibt es auch immer wieder spannende Themen aus den Bereichen der Überwachung vom Abgas sowie zur Minimierung von Schadstoffemissionen.

Wir hoffen, dass auch in dieser Ausgabe der Buchreihe für Sie wieder interessante und lehrreiche Fachbeiträge enthalten sind, die Ihnen bei der Arbeit helfen oder einfach nur den Horizont ein wenig erweitern.

Dr.-Ing. Olaf Holm

Inhaltsverzeichnis

Rahmenbedingungen

Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm – Status und Trends in der EU und in wegweisenden europäischen Ländern außerhalb Deutschlands
Ludwig Hermann und Julia Tanzer 2

Ein Blick in den Norden: Dänische Maßnahmen im Abwasserbereich – Klärschlammverwertung, Energie- und Klimaneutralität sowie landwirtschaftliche CO_2- und Nährstoffreduktion
Mads Warming 16

Lagerung von Klärschlammaschen – eine Deponie?
Wolfgang Klett 30

Lagerung von Klärschlammaschen – eine teure Notlösung?
Hartmut Haeming 40

Rechtliche Aspekte

Die Umsetzung der Klärschlammverordnung – Stolpersteine auf der Zielgeraden
Beate Kramer und Anna Alexandra Seuser 52

Klärschlammbehandlungsanlagen und Genehmigungsrecht – Beschleunigung von Genehmigungsverfahren (und der Umsetzung)
Till Elgeti 62

Produktstatus von Phosphorrezyklaten
Stefan Kopp-Assenmacher 76

Rechtlicher Rahmen für die Gebührenfähigkeit der P-Rückgewinnung
Turgut Pencereci 90

Klärschlammverbrennung und Emissionshandel
Markus Ehrmann 106

Energieoptimierung

Energie- und Klimaneutralität bestimmen die Zukunft – Potenziale an Berliner Klärwerksstandorten
Jan Waschnewski, Guido Rabe und David Stach 126

Kreislaufwirtschaft 2.0: Technologievorsprung oder Disruptive Ansätze?
Gabriela Kretschmer, Thomas Haslwimmer und Frank Schumacher 142

Optimierung der Abwärmenutzung bei der Klärschlammtrocknung: Reduzierung des Primärenergieverbrauchs durch industrielle Wärmepumpen
Karl-Heinz Pichler, Helene Rehberger und Matthias Stöhr..... 160

Energieoptimierte Verfahren zur Klärschlammtrocknung mit anschließender Wärmeauskoppelung – wo sind die Grenzen des Machbaren gesetzt?
Anja Gerstenberger, Stefan Ostermann, Dominik Friedrich und Harald Plank..... 174

Thermische Verwertung / Verbrennung

Transformation eines Braunkohlenstandorts – Ganzheitliche Klärschlammverwertung im Kontext regenerativer Energiedienstleistungen und Kreislaufwirtschaft
Stephan Koltzk-Odendahl und Christian Forkel 192

Klärschlammverbrennung in einer Wirbelfeuerung – Ergebnisse von Langzeitversuchen
Matthias Schnell, Kirsten Stark, Erik Peters und Peter Quicker..... 210

Schadstoffe

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) während der Klärschlammverbrennung – Analytische Methoden zur Überwachung
Christian Vogel, Hannes Herzel, Philipp Wittwer, Peter Leube und Christian Adam 230

Minderung von N_2O-Emissionen durch primäre Maßnahmen und Agglomerationsüberwachung
Kirsten Stark, Matthias Schnell, Peter Quicker, Arkya Sanyal, Johannes Lukas, Maximilian Weitzer, Steffen Leimbach und Jürgen Karl..... 242

Bewertung meteorologischer Auswirkungen auf Methanemissionen aus der städtischen Abwasserbehandlung: Eine Berliner Fallstudie
Ehsan Tavakoli, Günter Becker und Marc Nodorft..... 254

Minimierung der N_2O-Emissionen bei der Klärschlamm-Monoverbrennung in Dordrecht/NL
York Neubauer, Jan-Peter Born, Jochen Paal und Martin Gutjahr..... 266

Phosphorrückgewinnung

Realerfahrungen aus der Umsetzung einer Anlage zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche
Tim Bunthoff 288

Planung, Bau und Betrieb einer großtechnischen Demonstrationsanlage zur P-Rückgewinnung auf der Kläranlage Bottrop
Dennis Blöhse, Reinhard Lohmeier und Torsten Frehmann 298

Untersuchungen zur agronomischen Wirksamkeit des R-Rhenania Phosphats aus der ersten großtechnischen Anlage
Kai Fabian Leers, Hannes Herzel, Johann Emter, Christoph Brey, Dieter Leimkötter, Julian Künstler, Ute Arnold, Jürgen Burkhardt und Christian Adam 316

Gesetzeskonforme P-Rückgewinnung aus Abwasser am Beispiel des Projektes KlimaPhoNds
René Schumann und Michael Sievers 328

P-Aufschluss von Eisenphosphaten und P-Rückgewinnung auf der Kläranlage – eine Alternative zur Monoklärschlammverbrennung
Joachim Clemens, Christine Oeppert und Martin Teloo 340

Dank 349

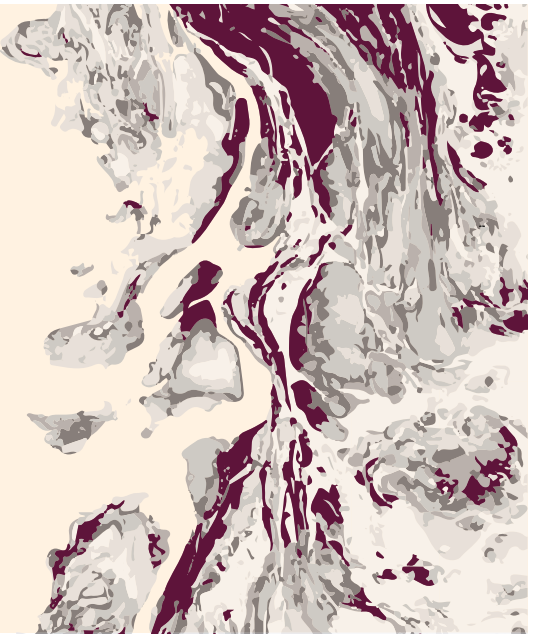
Autorenverzeichnis 340

Inserentenverzeichnis 344

Schlagwortverzeichnis 354

Verwertung von Klärschlamm

2018: **Band 1**	**35,00 EUR**
2019: **Band 2**	**35,00 EUR**
2020: **Band 3**	**55,00 EUR**
2021: **Band 4**	**55,00 EUR**
2022: **Band 5**	**75,00 EUR**
2023: **Band 6**	**75,00 EUR**

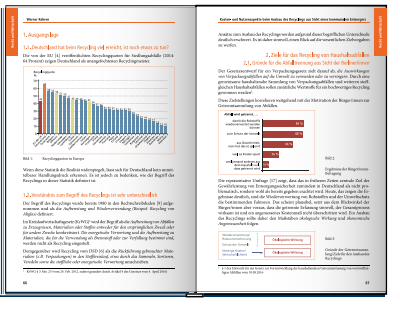


Mit dem Inkrafttreten der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung im Jahre 2017 werden weitreichende Veränderungen in der Aufbereitung und Behandlung von Klärschlämmen erforderlich. Zum einen schränkt die Verordnung zukünftig die herkömmliche Verwertung in der Landwirtschaft deutlich ein. Zum anderen wird dem bundespolitischen Ziel einer weitergehenden Kreislaufwirtschaft Rechnung getragen. Der Fokus liegt hierbei folgerichtig auf dem enthaltenen Phosphor, welches seitens der Europäischen Kommission seit 2014 als *kritischer Rohstoff* eingestuft wird.
Diverse Verfahrensansätze zur Phosphorrückgewinnung direkt aus Klärschlämmen oder indirekt aus den Rückständen einer thermischen Behandlung befinden sich in unterschiedlichsten Entwicklungsstadien.
Vor dem Hintergrund einer hinsichtlich Spezifikation (Größe, Ausbaustufen) und Umfeld (urban, ländlich, lokale Verwertungsmöglichkeiten) der Kläranlagen äußerst heterogenen Branche stellt sich für viele Betreiber die Frage nach sinnvollen technischen Lösungen und wirtschaftlich passenden Konzepten. Die im Rahmen der Berliner Klärschlamm-Konferenzen veröffentlichten Fachbücher bieten eine Übersicht zur zu aktuellen Rechtsfragen sowie zum Stand der Umsetzung von unterschiedlichen Verfahrensansätzen und Anlagen aus und für die Praxis.

Paketpreis 230,00 EUR statt 330,00 EUR

Bestellen Sie direkt beim TK Verlag oder unter books.vivis.de

Alle Bände sind erhältlich als Hardcover und E-Books.



Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder-Neuruppin
Tel. +49 3391-45 45-0
E-Mail: order@vivis.de

TK Verlag

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 – Recycling und Sekundärrohstoffe, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle (einschl. Deponien), Klärschlamm und Thermische Verfahren. 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

Abstract

Phosphorus Recovery from Sewage Sludge – Status and Trends in the EU and in Pioneering European Countries outside Germany

Ludwig Hermann and Julia Tanzer

In 2022, around 2.5 Mt of phosphate (as P_2O_5) was consumed in the EU, accounting for around 5 % of global consumption. This compares to a production of just under 2 Mt of phosphate. However, only 0.37 Mt of this P_2O_5 comes from magmatic phosphate ores extracted in the EU, the rest is due to imports of sedimentary rock phosphate. The fertiliser industry in the EU is therefore highly dependent on imports, a fact that has prompted initiatives for greater resilience at EU level and in individual member states. Increasing primary extraction capacities and recovering the phosphates that are currently lost can increase the resilience of the fertilizer industry.

While existing struvite recovery plants can only cover a fraction of the supply gap, additional potential can especially be found in ash from sewage sludge incineration.

In recent years, the EU has issued a series of regulations that, on the one hand, require or promote P recovery from wastewater on the supply side (Urban Wastewater Directive, Taxonomy Regulation) and, on the other hand, simplify the marketing of products obtained from recycling (Fertiliser Products Regulation, inclusion of struvite in the catalogue of products approved for organic farming). Among the pioneering European countries outside Germany are Switzerland and Austria, who have introduced mandatory phosphorus recovery from wastewater ahead of corresponding EU regulations. On the other hand, in the Netherlands, high nutrient pressure from manure use and the consequently restrictive approach to untreated sewage sludge, have incentivized innovation in phosphorus recovery.

Nevertheless, with the technologies and market prices currently available, it cannot be assumed that phosphorus recovery will cover costs. As examples from Denmark and Switzerland show, a distribution of costs according to the polluter-pays principle, i.e. via wastewater charges, can be expedient.

Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm – Status und Trends in der EU und in wegweisenden europäischen Ländern außerhalb Deutschlands

Ludwig Hermann und Julia Tanzer

1. Politik und gesetzlicher Rahmen auf EU-Ebene 4

2. Politik und gesetzlicher Rahmen in wegweisenden europäischen Ländern 6

2.1. Dänemark 6

2.2. Niederlande 6

2.3. Österreich 7

2.4. Schweiz 7

3. Stand der P-Recycling-Aktivitäten in der EU und wegweisenden europäischen Ländern 8

3.1. Dänemark 9

3.2. Niederlande 9

3.3. Österreich 10

3.4. Schweiz 11

3.5. Andere europäische Länder 11

4. Zusammenfassung 12

5. Quellen 13

Im Jahr 2022 wurden in der EU mit etwa 5 % des Weltverbrauchs rund 2,5 Mt Phosphat (als P_2O_5) verbraucht. Demgegenüber steht eine Produktion von knapp 2 Mt Phosphat [16]. Davon stammen nur 0,37 Mt P_2O_5 aus tatsächlich in der EU gewonnenen magmatischen Phosphaterzen [16]. Der Rest wird aus importierten sedimentärem Rohphosphaten und aus importierter Phosphorsäure hergestellt. Die Düngerwirtschaft in der EU ist somit hoch importabhängig, ein Umstand, der auf EU-Ebene und in einzelnen Mitgliedsstaaten Initiativen für höhere Resilienz und den Eintrag von Phosphor/Rohphosphat in die Liste der kritischen Rohstoffe hervorgerufen hat.

Die Resilienz kann durch höhere Primär-Extraktionskapazitäten und durch Wiedergewinnung der heute verlorenen Phosphate erreicht werden. Der größte Sekundär-Massenstrom in Gestalt der Güllen und Stallabfälle (rund 1,4 Mrd. t Originalsubstanz mit rund 5 bis 8 % Feuchte [19]) wird bereits zu einem großen Teil recycelt – mit der

Einschränkung, dass ein nicht unbedeutender Anteil wahrscheinlich wenig effizient eingesetzt wird. Der Fokus richtet sich daher zunehmend auf den zweitbedeutendsten Massenstrom, Klärschlamm. Davon gibt es gut 10 Mt mit einem geschätzten durchschnittlichen Phosphatgehalt von 15 bis 20 %. Das technische Phosphat-Recyclingpotential aus dem Klärschlamm beträgt demnach knapp 0,7 Mt P_2O_5 bzw. knapp 30 % des EU-Phosphatbedarfs. Das erreichbare Potenzial ist jedoch sicherlich geringer; die European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP) geht von 160.000 bis 180.000 Jahrestonnen P_2O_5 aus [26]. Im Folgenden werden die rechtlichen Rahmenbedingungen, die die Realisierbarkeit dieses Potenzials wesentlich beeinflussen, näher beleuchtet und eine Bestandsaufnahme der derzeit verfügbaren Anlagen und Kapazitäten vorgenommen.

1. Politik und gesetzlicher Rahmen auf EU-Ebene

Mit der Düngeprodukteverordnung (EU) 2019/1009 ist ein erster großer Schritt gelungen, die Vermarktung von Düngeprodukten, die rückgewonnene Nährstoffe enthalten, zu vereinfachen. Die Verordnung ist das erste Gesetz, das den Begriff *Abfallende* europaweit harmonisiert und regelt in fünf Dokumenten (Haupttext und vier Annexe) die Anforderungen unter denen anorganische und organische Dünger, Bodenverbesserungsmittel und Biostimulatoren aus fossilen und erneuerbaren Rohstoffen mit dem EC-Zeichen versehen und damit EU-weit auf den Markt gebracht werden können. Die Hauptanforderungen sind die Übereinstimmung mit den Produktfunktionskategorien (PFC) und den Komponentenmaterialkategorien (CMC). Während die PFC die Eigenschaften vorgibt, die ein Produkt beispielsweise in Bezug auf den Nährstoff- und Schadstoffgehalt oder die Wasserlöslichkeit aufweisen muss, regeln die CMC zulässige Ausgangsstoffe und deren Behandlung. Für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm relevant sind insbesondere die CMCs 12 bis 14:

- CMC 12: *Gefällte Phosphatsalze und deren Folgeprodukte mit einem Mindestgehalt von 16 % P_2O_5 bezogen auf die Trockensubstanz*

  Darunter fallen beispielsweise aus Klärschlamm, Schlamm der Nahrungsmittelindustrie oder aus getrennt gesammelten, organischen Abfällen gefällte Phosphatsalze wie Struvit, Kalziumphosphat, Magnesiumphosphat, Eisenphosphat, etc.

- CMC 13: *Durch thermische Oxidation (Verbrennung) gewonnene Materialien und deren Folgeprodukte (Aschen und Aschenderivate) wobei die Temperatur des Abgases mindestens zwei Sekunden lang auf mindestens 850 °C erhöht wird.*

  Sie regelt u.a. Aschen aus Klärschlamm, getrennt gesammelten Bioabfällen, pflanzliche Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie und Fleischknochenmehl der Kategorien 2 und 3 und deren Folgeprodukte nach Entfernung ggf. vorhandener, gefahrenrelevanter Stoffe.

- CMC 14: *Durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien, die durch thermochemische Umwandlung unter sauerstofflimitierenden Bedingungen aus u.a. den folgenden Einsatzstoffen entstehen:*

  Lebende oder tote Organismen, pflanzliche Abfälle aus der Nahrungsmittelproduktion, getrennt gesammelte Bioabfälle; jedoch KEIN Klärschlamm.

Autorenverzeichnis

Adam, Christian 230, 316
Arnold, Ute 316
Becker, Günter 254
Blöhse, Dennis 298
Born, Jan-Peter 266
Brey, Christoph 316
Bunthoff, Tim 288
Burkhardt, Jürgen 316
Clemens, Joachim 340
Ehrmann, Markus 106
Elgeti, Till 62
Emter, Johann 316
Forkel, Christian 192
Frehmann , Torsten 298
Friedrich, Dominik 174
Gerstenberger, Anja 174
Gutjahr, Martin 266
Haeming, Hartmut 40
Haslwimmer, Thomas 142
Hermann, Ludwig 2
Herzel, Hannes 230, 316
Karl, Jürgen 242
Klett, Wolfgang 30
Koltzk-Odendahl, Stephan 192
Kopp-Assenmacher, Stefan 76
Kramer, Beate 52
Kretschmer, Gabriela 142

Künstler, Julian 316
Leers, Kai Fabian 316
Leimbach, Steffen 242
Leimkötter, Dieter 316
Leube, Peter 230
Lohmeier, Reinhard 298
Lukas, Johannes 242
Neubauer, York 266
Nodorft, Marc 254
Oeppert, Christine 340
Ostermann, Stefan 174
Paal, Jochen 266
Pencereci, Turgut 90
Peters, Erik 210
Pichler, Karl-Heinz 160
Plank, Harald 174
Quicker, Peter 210, 242
Rabe, Guido 126
Rehberger, Helene 160
Sanyal, Arkya 242
Schnell, Matthias 210, 242
Schumacher, Frank 142
Schumann, René 328
Seuser, Anna Alexandra 52
Sievers, Michael 328
Stach, David 126
Stark, Kirsten 210, 242

Stöhr, Matthias 160
Tanzer, Julia 2
Tavakoli, Ehsan 254
Teloo, Martin 340
Vogel, Christian 230
Warming, Mads 16
Waschnewski, Jan 126
Weitzer, Maximilian 242
Wittwer, Philipp 230

Inserentenverzeichnis

Förderer

DOOSAN

Lentjes

PHOSPHORGEWINNUNG

ASH2PHOS SCHKOPAU

PTC

PARFORCE-Technology Cooperation

Wir danken den Inserenten

ANDRITZ

CIRCULAR ECONOMY

DOOSAN Lentjes

eew Energy from Waste

Müll und Abfall – Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft

HUBER TECHNOLOGY WASTE WATER Solutions

GEA Engineering for a better world.

GIG KARASEK A Member of Dr. Aichhorn Group

LÖDIGE PROCESS TECHNOLOGY

EU Recycling + Umwelttechnik – Das Fachmagazin für den europäischen Recyclingmarkt

PHOSPHORGEWINNUNG ASH2PHOS SCHKOPAU

PONDUS

PTC PARF FRCE-Technology Cooperation

Putzmeister

ReSource – Abfall • Rohstoff • Energie – Fachzeitschrift für nachhaltiges Wirtschaften

SICK Sensor Intelligence.

JFE Engineering Group Standardkessel Baumgarte

steinmüller engineering The Engineers Company

STÜBBE

VENTURO

320°

wasserwirtschaft wassertechnik wwt

WEHRLE

ANDRITZ AG

S. 227

Stattegger Straße 18
8045 Graz, Österreich
+43 316 6902 0
welcome@andritz.com
www.andritz.com

Circular Economy – Deutscher Fachverlag GmbH

S. 98

Mainzer Landstraße 251
60326 Frankfurt am Main, Deutschland
+49 69 7595 01
info@dfv.de
www.circulareconomy.de

Doosan Lentjes GmbH

S. 124, 190

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

EEW Energy from Waste GmbH

S. 145

Schöninger Straße 2-3
38350 Helmstedt, Deutschland
+49 5351 18 0
info@eew-energyfromwaste.com
www.eew-energyfromwaste.com

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG

S. 141

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



GEA Group Aktiengesellschaft

S. 218

Peter-Müller-Straße 12
40468 Düsseldorf, Deutschland
+49 211 9136 0
pr@gea.com
www.gea.com



GIG Karasek GmbH

S. 173

Industriestraße 21
4800 Attnang-Puchheim, Österreich
+43 2662 4278 0
office.gigkarasek@gigkarasek.at
www.gigkarasek.com



HUBER SE

S. 189

Industriepark Erasbach A1
92334 Berching, Deutschland
+49 8462 201 0
info@huber.de
www.huber.de



Gebrüder Lödige Maschinenbau GmbH

S. 146

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



MSV Mediaservice & Verlag GmbH

S. 209

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

Phosphorgewinnung Schkopau GmbH S.15, 297

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

PONDUS® Verfahrenstechnik GmbH S. 50

Luise-von-Werdeck-Straße 24
14513 Teltow, Deutschland
+49 3328 339 684 0
info@pondus-verfahren.de
www.pondus-verfahren.de

PTC – PARFORCE-Technology Cooperation GmbH S. 49, 286

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

Putzmeister Concrete Pumps GmbH S. 327

Max-Eyth-Straße 10
72631 Aichtal, Deutschland
+49 7127 599 0
pcp@putzmeister.com
www.putzmeister.com

RHOMBOS-VERLAG Bernhard Reiser Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik S. 228

Postfach 67 02 17
10207 Berlin, Deutschland
+49 30 2616 854
info@rhombos.de
www.rhombos.de

SICK Vertriebs-GmbH S. 253

Willstätterstraße 30
40549 Düsseldorf, Deutschland
+49 211 5301 0
info@sick.de
www.sick.de

Standardkessel Baumgarte GmbH S. 217

Senner Straße 115
33647 Bielefeld, Deutschland
+49 521 9406 0
info@sb-group.de
www.sb-group.de

Steinmüller Engineering GmbH S. 285

Fabrikstraße 5
51643 Gummersbach, Deutschland
+49 2261 789 50 0
sales@steinmueller.com
www.steinmueller.com

STÜBBE GmbH & Co. KG S. 347

Hollwieser Straße 5
32602 Vlotho, Deutschland
+49 5733 799 0
sales@stuebbe.com
www.stuebbe.com

VENTURO Ingenieurgesellschaft mbH S. 24

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

Verlag 320° S. 23
Viktualienmarkt 8
80331 München, Deutschland
+49 89 4132 5709
info@320grad.de
www.320grad.de

WEHRLE-WERK AG S. 89
Bismarckstraße 1-11
79312 Emmendingen, Deutschland
+ 49 7641 585 0
info@wehrle-werk.de
www.wehrle-werk.de

Wasserwirtschaft Wassertechnik – Deutscher Fachverlag GmbH S. 97
Mainzer Landstraße 251
60326 Frankfurt/Main, Deutschland
+49 69 7595 01
info@dfv.de
www.dfv.de

Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH
Dorfstraße 51
16816 Nietwerder, Deutschland
+49 3391 4545 0
tkverlag@vivis.de
www.vivis.de

Schlagwortverzeichnis

A

Abfalleigenschaft 33
Abfallende 4
Abfallende-Verordnungen 80
Abfallverbrennungsanlagen 110
AbfKlärV 53, 92
abgabenrechtliche Grundsätze 93
Abgasreinigung 215
Abgasreinigungsverfahren 155
Abwärme 177
Abwärmequellen 177
Abwasserbeseitigungspflichtige 92
Abwassergebührenfähigkeit 57
Additivdosierung 322
Additive 318
Additiveinsatz 247
Agglomerationsfrüherkennung 246
Agglomerationsüberwachung 243
Agglomerationswächter 244
agronomische Wirksamkeit 317
Analytik für PFAS 234
Anlagenkapazitäten 55
Ascheerweichungseigenschaften 215
Ascheerweichungstemperatur 282
Ascheschmelztemperaturen 247
AshDec Verfahren 317

B

Batteriespeicher 136
Berechnungsmethode 118
Berichtspflicht 92
Beschleunigung von Genehmigungsverfahren 63
Bestimmung der Brennstoffmengen 118
BImSchG 69
BImSchV 70
Biogas 256
biogener Kohlenstoffanteil 130
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) 120
biologische Phosphat-Elimination 135
Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) 120
Biomethan 128
Bio-P 330, 342
bodenbezogene Klärschlammverwertung 54
bodenbezogene Verwertung 92
Branchendialog 41, 81
Braunkohlenstandort 193
Braunkohlenstaub 194
Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) 109
Brüden 162
Brüden-Kompression 165
Brüdenkondensat 282
Brüdenkondensataufbereitung 156
Brüdenkondensation 181
Brüdenverdichtung 166
Bundes-Immissionsschutzgesetz 307

C

Calcium-Phosphat 294
cap and trade-System 108
Carbon Capture and Utilization (CCU) 151
CE-gekennzeichnete Düngeprodukte 5
Chemieparks 294
Chemiestandort 194
Circular Economy 79
CO_2-Abscheidung 149, 200
CO_2-Äquivalente 108
CO_2-Bilanz 330
CO_2-Emissionen 128
CO_2e-Steuer 27
CO_2-Preis 109
CO_2-Reduktion 21
CO_2-Rückgewinnung 144, 203

D

Dänemark , 6
Demonstrationsanlage 294, 299
Deponie(n) 31, 43
Deponierecht 32
Deponiesituation 43
Deponievolumen 43
Deutsche Emissionshandelsstelle – DEHSt 109
dezentrale Phosphorrückgewinnung 329
dezentrale Verfahren 329
dezentrale Verwertung 212
Diodenlaser-Spektrometer (TDLS) 257
Düngegesetz 57
Düngemittel 57, 55, 5
Düngemittelinhaltsstoffe 344
Düngemittelprodukt 233
Düngemittelverordnung 56

Düngeprodukte 78
Düngeprodukteverordnung (EU) 4
Düngerecht 56
Düngerwirksamkeit 324
Dünnschichttrockner 162

E

Eigenstrombedarf 135
Eisenphosphate 341
elektrischer Energiebedarf 175
Emissionshandel 107, 127
Emissionshandelssysteme 108
Emissionszertifikate 121
Ende der Abfalleigenschaft 33, 82
Energieaudits 127
energieautarkes Klärwerk 135
Energiekonzept 137, 176
Energieneutralität 22, 127
Energiespeicher 136
Energie- und Klimaneutralität 17, 127
Energiewende 128
Entbürokratisierung 63
Entgeltfähigkeit 60
Ermittlung des Biomasseanteils 119
Erörterungstermin 71
Erweichungseigenschaften 246
EU-Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) 82
EU-Abwasserrichtlinie 17
EU-Düngeprodukteverordnung (EU-DüngProdV) 79, 85
EU-Emissionshandelsrichtlinie 108
EU-Mindestquoten 5
Europäische Kommunalabwasserrichtlinie 58
europäisches Emissionshandelssystem (EU-EHS) 108
EU-Wasserrahmenrichtlinie 26

F

Faulgasverwertung 127
Faulschlamm 342
fehlende Behandlungskapazitäten 42
Fernwärme 148
Fernwärmeauskopplung 152
Fernwärmenetz 131, 186
Finanzierung 6

G

Gebührenfähigkeit 91
Gebührenfinanzierung 94
Gefährlichkeitskriterien 36
Gefäßversuche 322
Genehmigungsrecht 63
Genehmigungsverfahren 70, 307
gestufte Verbrennung 212

H

Heizmedium 163
Herdofenkoks 194
hochkalorische Abwärme 177

I

Immissionsschutzrecht 66
immissionsschutzrechtliche Anforderungen 64
Investitionssicherheit 55, 291

K

Kapazitätslücke 291
Klärschlamm 3
Klärschlammasche(n) 11, 31, 41, 233, 246, 289, 317
Klärschlammbehandlungsanlagen 63
Klärschlammentwässerung 101
Klärschlammmitverbrennung 195
Klärschlammmonoverbrennung 144, 267
Klärschlammmonoverbrennungsanlage 197
Klärschlammpyrolyse 233
Klärschlammtrocknung 161, 175
Klärschlammtrocknungsanlagen 64
Klärschlammverbrennung , 107, 233, 231, 267, 306, 12
Klärschlammverbrennungsanlage(n) 211, 244, 268
Klärschlammverbrennungsasche(n) 31, 42, 81, 299
Klärschlammverordnung (AbfKlärV) 53, 82
Klärschlammverwertung 17, 147, 193
Klimaneutralität 127
Klinkerabluftkühlung 184
Kohlenstoffbindung 21
Kohlenstoffkreislauf 144

Kommunalabgabengesetze 94
kommunale Abwasserrichtlinie 5
Komponentenmaterialkategorien (CMC) 4
Konformitätserklärung 83
Kontakttrockner 176
Korrelationsmodelle 257
Kostensteigerungen 55
Kreislaufwirtschaft 143, 193
Kreislaufwirtschaft 2.0 144
Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 80

L

Lachgas 25, 127, 243, 264, 267
Lachgasemissionen 246, 269
Lagerung 31
Landwirtschaft 78
landwirtschaftliche Ausbringung 7
landwirtschaftliche Austragung 18
landwirtschaftliche Düngung 79
Langzeitlager 34
Langzeitlagerung 31
Luftdruck 261
Luft-Passivsammler 236

M

Magnesiumammoniummonophosphat (MAP) 331, 341
MAP-Veredelung 331
mechanische Brüden-Kompression 162
Mehrkapazitäten 43
meteorologische Parameter 256
Methan 127, 255
Methanemissionen 255
Mikroplastik 18
Mischfinanzierung 94
Mitverbrennung 20, 92, 194, 341
Modellierung 258
Mono-Klärschlammverbrennungsanlagen 115
Monoverbrennung 21, 175
Monoverbrennungsanlage(n) 55, 317
Monoverbrennungskapazitäten 42
Mono-Verbrennungsprojekte 291

N

N_2O-Emissionen 243, 267
N_2O-Grenzwert 243
Nährstoffkreisläufe 144
Nährstoffreduktion 17
nationales Emissionshandelssystem (nEHS) 109
Natrium-Additiv 317
Nebenprodukteigenschaft 33
niederkalorische Abwärme 177
Niederlande 6

O

Öffentlichkeitsbeteiligung 38
Online-Konsultation 72
Organisationsformen 58
ortho-P 331, 342
Österreich 7

P

P-Abreicherung 333, 344
P-Dünger 322
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) 231
P-Fällung 341
PFAS 18, 231
PFAS-Gehalte 233
PFAS im Klärschlamm 232
Pflanzenkohle 27
Pflanzenverfügbarkeit 19, 247, 318
Pflanzenversuche 322
Phosphat 290, 3
Phosphatdünger 317
Phosphatlöslichkeit 317
Phosphor 77, 289
Phosphorrecycling 196
Phosphorrezyklat(e) 60, 77, 302
Phosphorrückgewinnung 3, 31, 200, 198, 289
Phosphorrückgewinnungsanlagen 43, 291
Phosphorrückgewinnungspflicht 7, 51, 53, 92
Phosphorrückgewinnungsverfahren 41
Phosphorsäure 11, 300
Photovoltaik 132
PlanSiG 72
Planungs- und Genehmigungsverfahren 63
Planungs- und Rechtssicherheit 60
Planung und Genehmigung 312
PNAC-Löslichkeit 317
P-Recyclingkosten 93
Produktfunktionskategorien (PFC) 4
Produktstatus 77

Produktverantwortung 80
Prototypenanlage 213
Prozessbrüden 162
P-Rückgewinnung 91, 299, 329, 341
P-Rückgewinnungsverfahren 42
P-Rücklösung 334
Public private partnership (PPP) 59
P-Verfügbarkeit 318
Pyrolyse 20, 233
Pyrolyse-Technologie 27

R

Recyclingdünger 325
Recyclingphosphate 290
Recyclingprodukt 79
Reduktionsmittel 342
reduktiver Aufschluss 342
relativer Luftfeuchtigkeit 261
R-Rhenania-Prozess 317
Rückgewinnungskapazitäten 42
rückholbare Ablagerung 43

S

Salzsole 305
Schweiz 7
Schwermetallgehalte 322
Sektorenkopplung 137
Siedlungsabfälle 115
Solarstrom 136
Sorptionsröhrchen 235
stationäre Wirbelschicht 244, 268
Stickoxidminimierung 268
Stickstoffemissionen 26
Struvit 5, 21, 79
Synergieeffekte 149

T

Taxonomie-Verordnung (EU) 5
Technologiebewertung 28
Temperaturniveau 177
temporäre Verwahrung 43
thermische Abfallverwertung 144
thermische Behandlung 233
thermische Energiebedarf 175
thermische Klärschlammbehandlung 55, 244
thermische Klärschlammverwertung 131
thermochemische Verfahren 318
thermo-solare Trocknung 306
Transformationskonzept 205
Treibhaus-Emissionshandelsgesetz (TEHG) 108
Treibhausgasemissionen 108, 127
Trockensorption 215
Trocknung 162
Trocknungstechnologien 176

U

Übergangsphase 41
Übergangsregelung 34
Übergangszeit 31
Überkapazitäten 42
Überschussschlamm 342
Überwachungsplan 110
Umlagefähigkeit 55
Untätigkeit 69

V

Verbrennungs- und Behandlungskapazitäten 42
Verfahrensbeschleunigung 66
Verfahrensdauer 65
Verfahrensvereinheitlichung 71
Verschlackungsneigung 244
Verursacherprinzip 6
Volltrocknung 176
Vorbescheid 68
vorzeitiger Beginn 67

W

Wärmeauskopp(e)lung 175, 179
Wärmeoptimierung 149
Wärmepumpe(n) 25, 156, 161
Wärmepumpensysteme 165
Wärmequelle 178
Wärmerückgewinnung 155
Wärmeschleife 183
Wärmetauscher 179
Wärmeversorgung 195
Wärmewende 149
Wäscherlösungen 233

Wasserstoff 137
Waste-to-Energy 144
Windenergie 136
Windgeschwindigkeit 259
Windrichtung 259
Windrose 261
Wirbelfeuerung 211
Wirbelschichtfeuerung(en) 195, 244
Wirbelschichtöfen 268
Wirbelschichtprinzip 213
Wirbelschichttechnik 244
Wirbelschichtverdampfungstrocknung 332

Z

Zementwerk 184
Zwei-Temperaturzonen-Trockner 178
Zwischenlagerung 46, 60, 103