



THERMOLYPHOS

Uwe Sauermann, Markus Klätte (Hrsg.)

THERMOLYPHOS



Dokumentationsband zur Forumsveranstaltung
am 4. und 5. Oktober 2016 in Halle (Saale)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

INNOVATIONSFOREN
UNTERNEHMEN
Die BMBF-Innovationsinitiative
Neue Länder **REGION**

Uwe Sauermann, Markus Klätte (Hrsg.)
THERMOLYPHOS

Uwe Sauermann, Markus Klätte (Hrsg.)

THERMOLYPHOS

**Dokumentationsband zur Forumsveranstaltung
am 4. und 5. Oktober 2016 in Halle (Saale)**



**Steinbeis-Transferzentrum
Ressourcen-Technologie
und Management**

Impressum

© 2017 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Schriftenreihe „Ressourcen-Technologie und Management“ des Steinbeis-Transferzentrums R.T.M. (Hrsg.)

Uwe Saueremann, Markus Klätte (Hrsg.)

THERMOLYPHOS

Dokumentationsband zur Forumsveranstaltung am 4. und 5. Oktober 2016 in Halle (Saale)

1. Auflage, 2017 | Steinbeis-Edition, Stuttgart

ISBN 978-3-95663-070-5

Satz: Steinbeis-Edition

Titelbildquelle: Jovan Gregor Neumann

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Forschung und Entwicklung, Beratung und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung für alle Technologie- und Managementfelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei. Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

191339-2017-09 | www.steinbeis-edition.de

Vorwort

Die zentrale Tagung des Innovationsforums THERMOLYPHOS am 4. und 5. Oktober 2016 in Halle an der Saale widmete sich dem Themenkomplex "Phosphorrecycling in Verbindung mit Klärschlammthermolyse".

Der Hauptvorteil der Pyrolyse gegenüber der Verbrennung von Klärschlamm ist schnell genannt: Während die Verbrennung von Klärschlamm große zentrale Anlagen benötigt, sind mit der Klärschlammthermolyse auch bei kleineren Kläranlagen eine Volumen- und Gewichtsreduzierung möglich, die Entsorgungskosten substantiell verringert. Die Frage ist, wie die neuen Rahmenbedingungen der Klärschlammthermolyse, insbesondere das von der Politik geforderte Recycling von Phosphor, die Möglichkeiten der Klärschlammthermolyse beeinflussen. Zur Vorbereitung der Tagung haben wir die verschiedensten Pyrolysetechnologien, die für Klärschlamm geeignet schienen, und Technologien der Phosphorgewinnung beleuchtet sowie die Nutzung möglicher Produkte unter die Lupe genommen.

Der vorliegende Tagungsband enthält eine Auswahl an Vorträgen, die zur Tagung gehalten wurden. Hinzu kommt noch der Beitrag von Bernd Simbach und Peter Fröhlich zur PARFORCE-Technologie, der mit keinem Vortrag berücksichtigt werden konnte, aber hier nicht vorenthalten werden soll, da er für das Thema relevante Aspekte behandelt. Die angeregten Diskussionen zwischen den Vertretern der verschiedenen Fachgebiete können hier leider nicht wiedergegeben werden.

Es ist klar, dass die Verschiedenheit der Ansätze, die unterschiedlichen Anwendungsgebiete und Randbedingungen keine abschließende Aussage über eine allgemein beste oder ökonomischste Lösung zulassen. Zu vielfältig sind die Ansätze, Ideen und Kombinationsmöglichkeiten. Ein definitiver Abschluss der Hauptfrage muss daher weiteren Untersuchungen und Nachfolgeprojekten im THERMOLYPHOS-Netzwerk und darüber hinaus vorbehalten bleiben.

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung, dem Projektträger des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt für die organisatorische Unterstützung, der Stadt Halle für die freundliche Begleitung und natürlich gilt unser Dank allen Vortragenden und Teilnehmenden für die herausragenden Anregungen und die hilfreichen Diskussionen.

Markus Klätte
Halle, den 18. Januar 2017

Inhaltsverzeichnis

Uwe Saueremann

Das Projekt THERMOLYPHOS –

Einführungsvortrag zum Innovationsforum, 4. Okt. 2016 9

Mathias Seitz

Die Klärschlamm-Thermolyse mit Phosphorrückgewinnung im

Vergleich zum Stand der Technik..... 15

Stephan Mey

Kopf-SynGas-Klärschlammvergasung – Kraftwerk für die Kläranlage

und saubere Klärschlammasche für die Phosphorrückgewinnung..... 33

Philipp Hagemann, Lutz Kebelmann

Klärschlammprolyse mit dem EREKA Bio-Reaktor 49

Peter Leinweber

Pyrolyse von Schlachtknochen –

ein attraktiver Ansatz im Phosphorrecycling 59

Eva Opitz

Budenheim ExtraPhos®-Verfahren 67

Bernd Simbach, Peter Fröhlich

Optimierung der Schlammwässerung und Phosphorrecycling

aus dem thermisch behandelten Klärschlamm 83

Bernhard Ortwein

AirPrex®-Struvitgewinnung (MAP) aus Faulschlamm 101

Rainer Schuhmann, Anke Ehbrecht

**Randbedingungen der Phosphorrückgewinnung auf
kommunalen Kläranlagen am Beispiel der P-RoC-Technologie 121**

Bruno Glaser

**Kreislaufbasierte Bioökonomie nach dem Vorbild prä-kolumbischer
Amazonas-Indianer (Terra Preta) 139**

Stefan Böttger, Ingo Töws, Jana Müller, Monika Krüger,

Hendrik Scheinemann, Elmar Dorgeloh, Patricia Kahn, Ortwin Philipp

**Erfahrungen mit der Herstellung einer anthropogenen Schwarzerde
auf Basis von Klärschlamm aus häuslichem Abwasser 151**

Dr. Uwe Sauermann

Steinbeis-Transferzentrum
Ressourcen-Technologie und Management
Am Saalehafen 1, 06118 Halle (Saale)

Uwe Sauermann

Das Projekt THERMOLYPHOS – Einführungsvortrag zum Innovationsforum, 4. Okt. 2016

Auszug aus dem Einführungsvortrag

[...] Der Veranstaltungsort Halle für das Innovationsforum THERMOLYPHOS liegt im mitteldeutschen Braunkohlenrevier. Hier gibt es jahrzehntelange Erfahrungen, wie man mit einem zur Hälfte aus Wasser bestehenden fossilen Energieträger ein Viertel des deutschen Energiebedarfs decken und außerdem die regionale Chemiebranche mit Rohstoffen versorgen kann. Diese Erfahrungen mit der Braunkohle sind u. E. auch bei unserem Thema Klärschlammverwertung hilfreich [...] angesichts der Frage, ob Klärschlamm-Thermolyse oder -Pyrolyse energetisch überhaupt sinnvoll seien, wo man doch erst einmal mit einem anfänglichen Feuchtgehalt von 70 % fertigwerden müsse. Um dann z. T. sogar zu schlussfolgern, da könne man gleich bei der Klärschlammverbrennung bleiben, die ja energetisch gesehen dasselbe Ausgangsproblem hat.

[...] Die Frage der Energiebilanz ist selbstverständlich berechtigt [...] Aber die Braunkohlenkraftwerke, so bedenklich sie ökologisch sein mögen, und insbesondere die Braunkohlenvergasung zeigen, dass sich die Suche nach alternativen Lösungen für eine energetische, wirtschaftliche Klärschlammverwertung lohnen kann. Der Energiegehalt von Klärschlamm ist durchschnittlich ähnlich dem von Braunkohle oder Holz.[...] Der Phosphorgehalt ist sicher – unter der Voraussetzung einer möglichen Rückgewinnung – sogar ein entscheidender Vorteil des Klärschlammes. Problematisch beim Klärschlamm dagegen sind selbstverständlich die eingeschleppten Schadstoffe, insbesondere die Schwermetalle. Auch das wird Thema unserer Veranstaltung sein.

Ausgangspunkt für unser Innovationsforum sind die [...] bekannten Rahmenbedingungen der massiven Einschränkung einer landwirtschaftlichen Nutzung der Klärschlämme, das gesetzliche Gebot der Phosphorrückgewinnung und parallel dazu das Verbot der Mitverbrennung von Klärschlämmen mit bestimmten Phosphorgehalten. Dazu gab und gibt es bereits viele honorige Veranstaltungen, auf deren Ergebnissen wir auch aufbauen. Eines dieser Ergebnisse ist z. B. die zigmal wiederholte Feststellung, dass es ein enormes Defizit von rund 670.00 t Klärschlamm-TS jährlich bei den thermischen Verwertungskapazitäten gibt. Und alles ruft nach neuen Monoklärschlamm-Verbrennungsanlagen. Viele Kommunen

und Wirtschaftsregionen haben sich darauf sogar schon festgelegt. Und genau das wollen wir mit unserer Tagung in Frage stellen. Nein, wir sind nicht prinzipiell gegen die Monoklärschlammverbrennung! Aber wir wollen der Frage nachgehen, unter welchen Bedingungen Klärschlammthermolyse, -pyrolyse und -vergasung vielleicht doch geeignetere Verwertungstechnologien sein können.

So ist z. B. eine unserer Kernthesen, dass eben diese Technologien – so sie technisch funktionieren und per sé wirtschaftlich arbeiten – für kleinere, dezentrale Lösungen besser geeignet sind. Unter anderem das wollen wir auf unserer Tagung prüfen. Deshalb haben wir Sie hier zu uns eingeladen, die Sie wie KKB, KopfSyn-gas, PYREG, M.E.E., Eisenmann oder das DBFZ mit dem HTC-Ansatz, eigene technische Lösungsansätze entwickelt haben oder dazu beitragen können. Denn schon die genannten Beispiele belegen, dass es aussichtsreiche, z. T. sogar schon funktionierende, praktische Alternativen zur Monoklärschlammverbrennung gibt.

Bei PYREG, KKB oder M.E.E. entsteht als Produkt neben Synthesegas auch Klärschlammkohle. Jeder versteht sofort, dass wir damit auch das gesamte Verwertungskonzept vom Klärwerk bis zum Phosphorrecycling neu durchdenken müssen, wenn aus der finalen thermischen Verwertung eben keine phosphorhaltige Asche, sondern phosphorhaltige Kohle übrigbleibt. Es werfen sich also neue Fragen auf, wie beispielsweise:

- Wie kann man den in der Kohle konzentrierten Phosphor extrahieren?
- Können die bekannten – aber bislang noch unwirtschaftlichen – Verfahren zur Phosphorentfrachtung aus der Klärschlamm-asche für Pyrolysekoks genutzt werden?
- Oder ist es sinnvoller, den Phosphor noch in der wässrigen Klärschlammphase vor der pyrolytischen Behandlung bzw. Vergasung zu extrahieren?
- Oder kann man den thermischen Prozess vielleicht so gestalten oder die Kohle so nachbehandeln, dass die Kohle ohne Phosphorentfrachtung gleich als Direkt-dünger eingesetzt werden kann?

- Wie können oder müssen die Klärwerksprozesse und die Entsorgungslogistik für Klärschlämme selbst angepasst werden, wenn die gesamte Verwertungskette auf eine Klärschlammthermolyse mit Koks als Endprodukt abgestellt wird?
- Ist es nicht energieeffizienter und ökologischer, wenn man angesichts des Zwangs zur thermischen Verwertung der Schlämme – insbesondere in den tausenden kleinen Kläranlagen – auf die Klärschlammfäulung und die Faulgasnutzung verzichtet? Zugunsten höherer Energieausbeuten aus ungefaulten Klärschlämmen in der finalen thermischen Verwertung?

[...] Wir hoffen, am Ende unserer Veranstaltung bei der Beantwortung dieser und anderer Fragen ein Stück weit vorangekommen zu sein, offene Fragen und Forschungsaufgaben präzisiert und vielleicht sogar diese oder jene Kooperation auf den Weg gebracht zu haben. Wir haben die Tagung dafür in die folgenden drei Themenkomplexe aufgeteilt:

1. Vorstellung von verschiedenen thermischen Verwertungsverfahren in Alternative zur Klärschlammverbrennung
2. Vorstellung kompatibler technologischer Lösungsansätze für die Rückgewinnung des Phosphors
3. Nutzung der Biokohlen als Direktdünger

Ich freue mich, dass wir zu allen Themenkomplexen profunde Fachleute aus Forschung, Unternehmenspraxis und Verwaltung gewinnen konnten.

[...] Lassen Sie mich zum Schluss noch kurz sagen, wie wir eigentlich zu dem schönen Akronym THERMOLYPHOS gekommen sind:

Steinbeis R.T.M. befasst sich im Rahmen der Technologietransfer-Beratung schon länger mit diversen Pyrolyse- und Vergasungstechnologien. In diesem Zusammenhang hatten wir Gelegenheit, uns die Anlage der Firma KKB Alternative Energie GmbH in Hötenleben in der Nähe von Magdeburg genauer anzusehen. Wir waren sehr angetan von der einfachen, robusten Lösung mit dem Thermolyse-Drehrohr. KKB kann mehr als 8.000 Betriebsstunden pro Jahr nachweisen, produziert ein motortaugliches Synthesegas, gute Aktivkohle, kaum Destillat, hat eine

effiziente Gasreinigung und vor allem: Die Energiebilanz ist auch ohne Verbrennung der Kohle positiv. KKB schreibt schwarze Zahlen bei einem Jahresdurchsatz von weit weniger als 10.000 t. Derzeit noch mit dem Inputmaterial Holz, doch Versuche haben gezeigt, dass es mit Klärschlamm – bei einigen Adaptionen der Prozessführung – ebenso funktioniert. Aber KKB hatte noch keinen Ansatz für das P-Recycling. Das haben wir als Herausforderung angenommen, mit SWED Inno e. V., der Firma LAV Markleeberg, der Chemischen Fabrik Budenheim und der Hochschule Merseburg die richtigen Partner gewonnen und THERMOLYPHOS auf den Weg gebracht. [...]

Mathias Seitz

Professur für Verfahrenstechnik /

Technische Reaktionsführung

Hochschule Merseburg

Eberhard-Leibnitz-Str. 2, 06217 Merseburg

Mathias Seitz

Die Klärschlamm-Thermolyse mit Phosphorrückgewinnung im Vergleich zum Stand der Technik

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurde auf dem Gebiet der Rückgewinnung von Phosphor intensiv gearbeitet, so dass eine große Vielfalt an Verfahren entwickelt wurde. Alle diese Verfahren zeigen hinsichtlich der Bewertungskriterien wie Wirtschaftlichkeit, Phosphorrückgewinnungsquote, Schwermetall- und Giftstoffentfrachtung, Energieeinsatz, Pflanzenverfügbarkeit und vieles mehr Vor- und Nachteile.

Es fällt jedoch auf, dass ein besonderer Fokus der Verfahrensentwicklung auf die Rückgewinnung des Phosphors aus der wässrigen Phase (Wasser, Klärschlamm) und der Restphasen wie Asche und Schmelzen aus der Klärschlammverbrennung sowie Klärschlammvergasung gelegt wurde. Verfahren, die die Thermolyse (Pyrolyse) betrachten, wurden weniger intensiv entwickelt. Lediglich die Verwendung des Rückstandes als Düngemittel wurde in Betracht gezogen.

Das Potenzial der Phosphorrückgewinnung aus Pyrolysekoks ist damit weitestgehend nicht untersucht. Um das Potenzial einer Phosphorrückgewinnung aus Pyrolysekoks zu beurteilen, sollen der Stand der Technik zusammengefasst und alternative Möglichkeiten diskutiert werden.

2 Verfahrensübersicht

Um das Potenzial der Phosphorrückgewinnung zu beurteilen, sind im Folgenden sowohl unterschiedliche thermische Verfahren zur Klärschlammbehandlung als auch verschiedene Phosphorrecyclingverfahren dargestellt.