



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 978-3-95663-147-4

Satz: Steinbeis-Edition

Titelbildquelle: Jovan Gregor Neumann

Dieses Buch ist auch als Print-Version erhältlich. ISBN 978-3-95663-070-5

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verband gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verband 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-Verband.

196794-2017-10 | [www.steinbeis-edition.de](http://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 Klärschlammpyrolyse auch bei kleineren Kläranlagen eine Volumen- und Gewichtsreduzierung möglich, die Entsorgungskosten substantiell verringert. Die Frage ist, wie die neuen Rahmenbedingungen der Klärschlamm Entsorgung, insbesondere das von der Politik geforderte Recycling von Phosphor, die Möglichkeiten der Klärschlammpyrolyse 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..... 14**

Stephan Mey

**Kopf-SynGas-Klärschlammvergasung – Kraftwerk für die Kläranlage  
und saubere Klärschlammmasche für die Phosphorrückgewinnung..... 31**

Philipp Hagemann, Lutz Kebelmann

**Klärschlampyrolyse mit dem EREKA Bio-Reaktor ..... 45**

Peter Leinweber

**Pyrolyse von Schlachtknochen –  
ein attraktiver Ansatz im Phosphorrecycling ..... 54**

Eva Opitz

**Budenheim ExtraPhos<sup>®</sup>-Verfahren ..... 61**

Bernd Simbach, Peter Fröhlich

**Optimierung der Schlammentwässerung und Phosphorrecycling aus  
dem thermisch behandelten Klärschlamm ..... 75**

Bernhard Ortwein

**AirPrex<sup>®</sup>-Struvitgewinnung (MAP) aus Faulschlamm ..... 91**

Rainer Schuhmann, Anke Ehbrecht

**Randbedingungen der Phosphorrückgewinnung auf kommunalen Kläranlagen am Beispiel der P-RoC-Technologie ..... 110**

Bruno Glaser

**Kreislaufbasierte Bioökonomie nach dem Vorbild präkolumbischer Amazonas-Indianer (Terra Preta) ..... 126**

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 ..... 137**

**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 zimal wiederholte Feststellung, dass es ein enormes Defizit von rund 670.000 t Klärschlamm-TS jährlich bei den thermischen Verwertungskapazitäten gibt. Und alles ruft nach neuen Monoklärschlamm-Verbrennungsanlagen. Viele Kommunen