

# Thermokatalyse von Klärschlamm



Abb. 1: Mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage des Abwasserzweckverbandes Füssen für 70.000 Einwohnergleichwerte. Die Dächer im Vordergrund gehören zur solaren Schlamm-trocknungsanlage.

Die nachhaltige Reinigung von Abwasser ist ein unverzichtbarer Bestandteil unserer industrialisierten Gesellschaft. Mehr als 10.000 Kommunale Kläranlagen in Deutschland leisten in dieser Hinsicht einen wichtigen Beitrag (Abb.1). Beim Vorgang der Abwasserreinigung fällt jedoch zwangsläufig ein Reststoff in Form von Klärschlamm an, der eine klassische Schadstoffsenke darstellt. Die Entsorgung dieses Reststoffs muss den Anforderungen unterschiedlicher gesetzlicher Vorgaben genügen (KrW-/AbfG, AbfKlärV, TAsi). Neuere Studien weisen die landwirtschaftliche Verwertung wegen des hohen Schadstoffeintrags als ökologisch ungünstige Alternative aus. Die Verbrennung des Klärschlammes ist Stand der Technik, die Effizienz dieses Entsorgungspfades ist jedoch fraglich, da der Brennwert des Klärschlammes für eine selbstgängige Verbrennung in der Regel nicht ausreichend ist.

## Niedertemperaturkonvertierung (NTK) von Klärschlamm

Die wissenschaftlichen Grundlagen der NTK wurde in den 80er und 90er Jahren von Professor Dr. Ernst Bayer an der Universität Tübingen entwickelt. Er ist der geistige Vater der NTK. Bei diesem Verfahren wird die Bildung von Erdöl- und Kohlelagerstätten nachgeahmt. Notwendig ist lediglich der Ausschluss von Sauerstoff und ein Temperaturniveau im Bereich von 320 bis 400 °C. Die erforderlichen Katalysatoren finden sich im Spurenelementmuster der Biomassen. Es müssen also keine Fremdstoffe zugesetzt werden. Aus Fett- und Eiweißanteilen im Klärschlamm (Bakterienzellen) entstehen überwiegend Kohlenwasserstoffe. Kohlenhydrate, wie z. B. Stärke oder Cellulose, bilden Kohle und Wasser. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 2 zu sehen.

Die Versuche an der Fachhochschule Gießen-Friedberg wurden mit Belebtschlamm, sowie mit Faulschlamm der Kläranlagen Füssen und Leutkirch durchgeführt. In Füssen wird der anfallende Schlamm solar getrocknet, in Leutkirch geschieht die Trocknung thermisch.

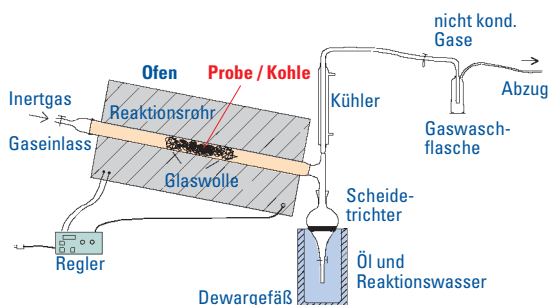


Abb. 2: Schema der Laboranlage zur thermokatalytischen Umwandlung von Klärschlamm in Öl und Kohle

Prof. Dr. Ernst A. Stadlbauer  
ernst.a.stadlbauer@mni.fh-giessen.de  
Dipl.-Ing. Sebastian Bojanowski  
sebastian.bojanowski@mni.fh-giessen.de  
Dr. Dipl.-Chem. Alexander Dworschak  
alexander.dworschak@mni.fh-giessen.de  
Dipl.-Ing. Andreas Frank  
andreas-erik.frank@mni.fh-giessen.de

Labor für Entsorgungstechnik  
Fachhochschule Gießen-Friedberg  
Wiesenstraße 14  
D-35390 Gießen  
Telefon +49(0)641/309-2322  
Telefax +49(0)641/309-2377  
let.mni.fh-giessen.de



Dipl.-Ing. R. Lausmann  
Dip.-Ing. W. Grimmel  
Werkstoff und Funktion  
Grimmel Wassertechnik GmbH  
Dieselstraße 3  
D-61239 Ober-Mörlen  
Telefon +49(0)6002/91 22-20  
Telefax +49(0)6002/91 22-29  
www.werkstoff-und-funktion.de

## RÜNAGEL Elektrotechnik GmbH

Edgar Rünagel  
Rünagel Elektrotechnik GmbH  
D-96191 Viereth-Trunstadt  
Telefon +49(0)95 03/92 20-0  
Telefax +49(0)95 03/92 20-29  
www.ruenagel.com

Christian Gangl  
Erster Bürgermeister der Gemeinde Füssen  
Verbandsvorsitzender  
Abwasserzweckverband Füssen  
D-87629 Füssen

Franz Petz  
Betriebsleiter Kläranlage Füssen  
D-87629 Füssen



Für die finanziell Unterstützung unserer Arbeit danken wir dem Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

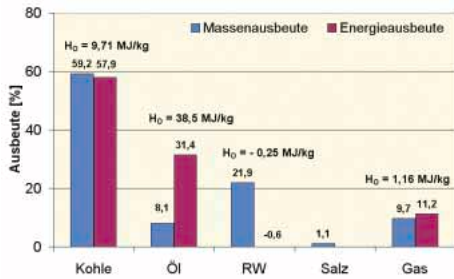


Abb. 3: Massenausbeuten von Faulschlamm aus Füssen und Leutkirch im Vergleich zu Belebtschlamm

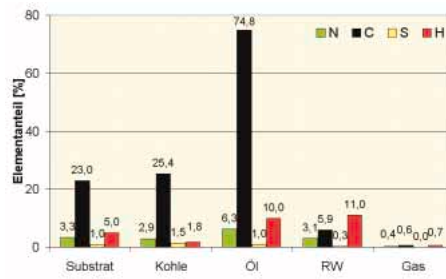


Abb. 4: Massen- und Energiebilanz bei der Thermokatalyse von Füssener Faulschlamm

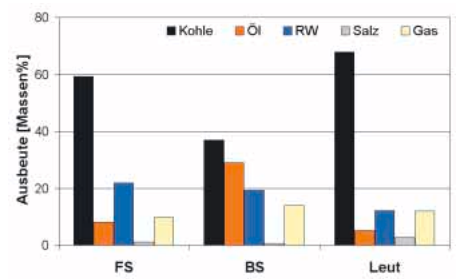


Abb. 5: Elementaranalyse von Füssener Faulschlamm und daraus entstandener NTK-Produkte

### NTK-Laborergebnisse

In Abb. 3 sind die Massenausbeuten von Kohle, Öl, Reaktionswasser und nicht kondensierbaren Gasen von Faul- und Belebtschlämmen dargestellt. Generell ist die Ölausbeute bei Faulschlamm aufgrund der erfolgten Kohlenstoffelimination unter Methan- und Kohlendioxidbildung geringer. Aufgrund des geringen C-Gehalts im Faulschlamm ist die Ölausbeute im Leutkircher Schlamm kleiner als bei Faulschlamm aus Füssen. Aus den ca. 600 Tonnen TR/a des Faulschlammes der Füssener Kläranlage lassen sich ca. 60.000 Liter Heizöl pro Jahr zum Einsatz im betriebsinternen Blockheizkraftwerk gewinnen.

Die Energiebilanz in Abb. 4 zeigt, dass bei einem spezifischen Brennwert des Faulschlammes von  $H_0 = 9,9$  MJ/kg in der Konvertierungskohle 58% der Energie und im Öl 31% gebunden sind. Auf der Basis von Elementaranalysen der Substrate und Konvertierungsprodukte (Abb. 5) lässt sich der Transfer der Elemente Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Stickstoff (N) und Schwefel (S) im Zuge der NTK verfolgen. Tendenz: Wasserstoff reichert sich im Öl und Reaktionswasser an. Kohlen-

stoff findet sich überwiegend in der Konvertierungskohle wieder. Viskositäten der unbehandelten Rohöle liegen im Bereich von 8 bis 12 cStokes. Zum Vergleich: leichtes Heizöl (aus der Raffinerie!) 4 bis 5 cStokes; schweres Heizöl 60 cStokes. PH-Messungen des im Zuge der Thermokatalyse entstehenden Reaktionswassers zeigen alkalische Werte von pH 8-9, hervorgerufen durch Ammoniumsalze niedriger Carbonsäuren, Ammoniumcarbonat und Amine. CSB-Werte liegen im Bereich 200-300 g  $O_2/l$ .

### Synergieeffekte

Hervorzuheben ist die zielgerichtete Zusammenarbeit von Kläranlagenbetreibern, zugeordneter Ingenieurberatung, mittelständischen Unternehmen und Hochschule bei dem geplanten, von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Pilotprojekt. Durch den Verbund solarer Niedertemperaturtrocknung von Klärschlamm und nachgeschalteter thermokatalytischer Klärschlamm-entsorgung wird modellhaft eine Insellösung unter weitgehender Vermeidung kostenintensiver Transportwege erarbeitet.

### Thermocatalysis of Sewage Sludge

In Germany there are 3 million tons of sewage sludge produced every year in more than 10,000 sewage treatment plants. The acceptance of using sewage sludge as an agricultural fertilizer is decreasing permanently. Also there are new national regulations and EU regulations, coming 2005, which do not longer allow the deposition of sewage sludge. As an alternative to combustion a thermo-catalytical process was applied on sewage sludge. The actual process uses a batch reactor at relatively low temperatures of 400 °C, and atmospheric pressure to convert organic matter of sewage sludge into hydrocarbons (oil), charcoal, non condensable gas (NCG) and reaction water (RW) (Fig. 2). Conversion rates related to dry matter are shown in Fig. 3.

In this anaerobic process, carbohydrates are mainly transformed into char and water, lipids react to produce hydrocarbons and carbon dioxide by decarboxylation, proteins split off nitrogen and sulfur giving rise to ammonia ( $NH_3$ ), dihydrogensulfide ( $H_2S$ ), and mostly aliphatic hydrocarbons ( $C_nH_{2n+2}$ ). Intensive monitoring of the reactor during performance testing allowed detailed mass- and energy balances (Fig. 4). Carbon is mainly fixed in the char whereas hydrogen predominately accumulates in the oil fraction. Thermocatalysis of anaerobic digested sewage sludge (cv: 9.9 MJ/kg) formed a coal with 58% of substrate energy and an oil fraction of with 31% of substrate energy. Transfer of the Elements C, H, N and S can be shown by element analysis (Fig. 5). NMR and IR of the oil are both showing mainly signals, indicating aliphatic compounds.

[%]	FS	BS	Leut
C	23,0	44,0	18,4
H	5,0	6,8	3,4
N	3,3	5,7	3,0
S	1,0	1,1	0,9
TS	79,6	94,8	94,9
oTS	59,3	87,0	38,2
Asche	40,7	13,0	61,8

**Analysenparameter** von solargetrocknetem Füssener Faulschlamm (FS), Belebtschlamm (BS) und thermisch getrocknetem Faulschlamm der KA Leutkirch (Leut)

**Danksagung:** Für die finanzielle Unterstützung unserer Arbeit danken wir dem Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

**Acknowledgement:** We are grateful for financial support by Hessian Ministry of Science and Art, Wiesbaden, Germany and Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, Germany.