

Zwischenbericht zum Forschungsprojekt:

Aufbau und Einsatz einer Pilotanlage zur Thermodruckhydrolyse zur Verbesserung der energetischen Nutzung von Biomasse am Beispiel von Belebtschlamm

Datum: 31.10.2008

Az.: 8407-6531-05/1



Berichtverfasser:

Stadt Pirmasens
Schützenstraße 16
66953 Pirmasens

Dipl.-Ing. Michael Maas
michaelmaas@pirmasens.de

Telefon: 06331 / 84-2465
Telefax: 06331 / 84-2462

In Zusammenarbeit mit

PFI Pirmasens
Marie-Curie-Str. 19
66953 Pirmasens

Dipl. Ing. (FH) Benjamin Pacan
benjamin.pacan@pfi-pirmasens.de

Telefon: 06331 / 2490-840
Telefax: 06331 / 2490-888

In Kooperation mit:

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz in Rheinland-Pfalz

1 Zielsetzung

An der Kläranlage Blümeltal soll im Rahmen dieses Projektes eine Anlage zur hydrothermalen Behandlung von Biomasse aufgebaut werden. Diese ist für einen Durchsatz von 10.000 t/a dimensioniert und ermöglicht eine Behandlungstemperatur von bis 200°C.

1.1 Gesamtziel des Projektes

Nach dem Aufbau der Pilotanlage sollen zunächst im Verlauf von drei Jahren einige der folgenden Untersuchungsvorschläge zu verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Thermodruckhydrolyse umgesetzt werden:

1. Verbesserung der Schlammintegration und Erhöhung der Biogasausbeute von Belebtschlamm
2. Ermittlung der Potentiale zur Xylitol-Gewinnung aus Biertreber
3. Optimierung der Biogasausbeute aus Energiepflanzen

Im 1. Projektmodul wird die Verbesserung der energetischen Nutzung des Belebtschlammes, der bei der Abwasserklärung als Überschussschlamm anfällt und im Faulurm der Kläranlage zu Biogas umgewandelt wird, untersucht. Durch die innovative Vorbehandlungstechnik für Belebtschlamm mit der Thermodruckhydrolyse soll der Faulgasanfall an der Kläranlage Blümeltal (aus Primärschlamm und Belebtschlamm) um mindestens 25 % gesteigert werden.

In einem 2. Projektmodul ist eine höherwertige stoffliche Verwertung von Biertreber vorgesehen, bei der die Thermodruckhydrolyse zur Aufspaltung von Xylan zur Xylose eingesetzt werden soll.

Beim 3. Projektmodul sollen in Verbindung mit der TDH-Pilotanlage anaerobe Belebtschlämme aus der 1. Fermentationsstufe von landwirtschaftlichen Biogasanlagen hydrolisiert werden, um damit die Biogasausbeute um 25 % zu steigern. Der im geplanten Projekt eingesetzte Belebtschlamm eignet sich aufgrund seiner Beschaffenheit sehr gut, um die Langzeiteffekte der Anlagentechnik und der Energieeffizienz in Hinblick auf den Einsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen zu untersuchen.

1.1 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele:

Durch die Thermodruckhydrolyse von Belebtschlamm bei Temperaturen von 120 – 180 °C soll die Biogasausbeute (bezogen nur auf den Belebtschlamm) um mindestens 50 % gesteigert werden. Das dafür konzipierte Wärmetauschersystem sollte den für die Thermodruckhydrolyse erforderlichen Wärmebedarf nahezu ausschließlich (> 95 %) aus dem Abgas eines Blockheizkraftwerks beziehen. Die durch das Blockheizkraftwerk bereitgestellte elektrische Energie wird in vollem Umfang für einen weitgehend energieautarken Betrieb des TDH-Verbundprozesses eingesetzt. Durch die hydrothermale Vorbehandlung soll die Entwässerbarkeit des Faulschlammes um 10 % gesteigert werden.

2 Konzeption und Umsetzung der Pilotanlage

2.1 Verfahrensbeschreibung

Der auf ca. 8 % TS eingedickte Sekundärschlamm wird zunächst mit der Exzentrerschneckenpumpe (P1) über einen Mazerator in die Vorlage gepumpt. Aus dem gerührten und temperierten Vorlagebehälter wird der Sekundärschlamm dann mit der Exzentrerschneckenpumpe (P2) in den Wärmetauscher 1 gefördert. Dort erfolgt eine Temperierung des Schlammes auf ca. 110 °C, wobei über einen Wasserkreislauf die Wärmeenergie aus Wärmetauscher 5 übertragen wird. Im Wärmetauscher 2 wird der Schlamm über das aus Wärmetauscher 3 und 4 auf 220°C temperierte Thermoöl auf die Behandlungstemperatur von 150°C erwärmt. Zur Minimierung des Foulings an den Wärmetauschoberflächen werden WT 2 und 5 als dynamische Wärmetauscher ausgeführt. Pneumatisch bewegte Schaber, mit geringem Abstand zur Wärmetauschoberfläche angebracht, verhindern das Zusetzen der Rohre und gewährleisten einen gleich bleibenden Wärmeübergang.

Im Wärmetauscher 3 und 4 werden ca. 70 % der nutzbaren Wärmeenergie aus dem Abgas des BHKW zur Erwärmung von Thermoöl auf ca. 220 °C eingesetzt. Im Falle des Ausfalls der Blockheizkraftwerke kann der TDH-Prozess über einen Thermoölkessel (80 kW) aufrechterhalten werden.

Nachdem der auf ca. 150 °C erwärmte Schlamm den Wärmetauscher 2 verlässt, wird er zur Verlängerung der Verweildauer bei dieser Temperatur in eine Reaktionsstrecke mit dem Volumen von ca. einem Kubikmeter geleitet.

Im Wärmetauscher 5 und 6 wird das Hydrolysat schließlich auf 60 °C abgekühlt und über ein Druckhalteventil in den Pufferbehälter entspannt. Im Pufferbehälter ist eine Füllstandsüberwachung vorgesehen, die das Überfüllen des Pufferbehälters verhindert und zur Regelung der Zugabe (Menge und Zeitpunkt) in den Faulturm herangezogen werden kann. Die Betriebsweise der Anlage ist kontinuierlich, 24 h am Tag vorgesehen.

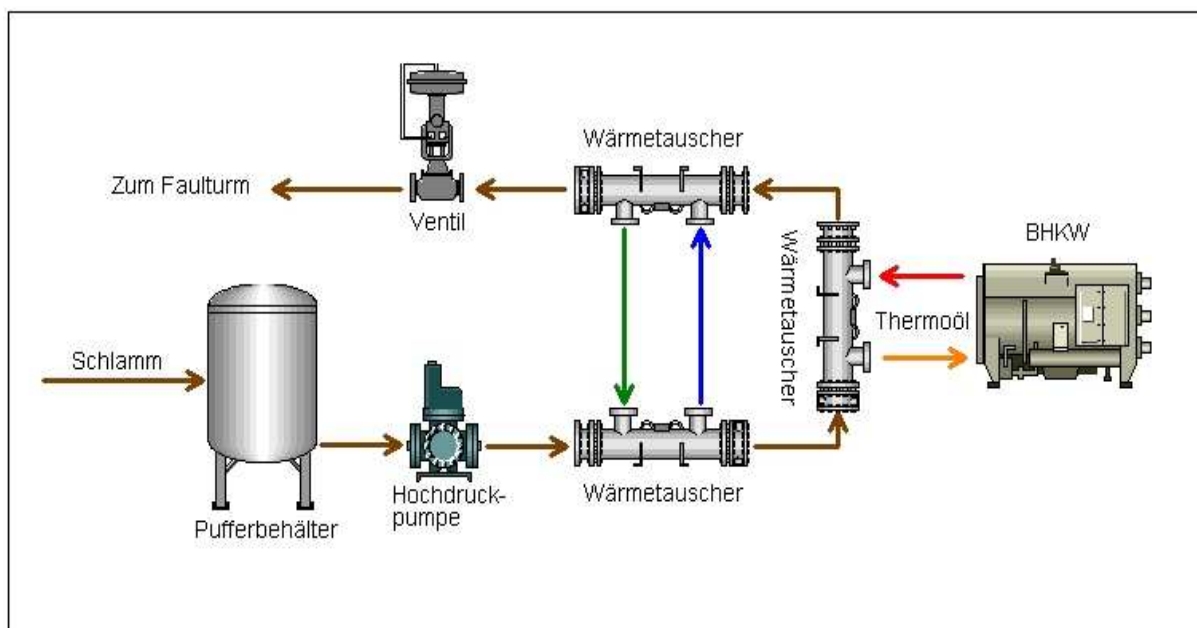


Abb. 1: Vereinfachtes Verfahrensfliessbild zur geplanten TDH-Behandlung von Belebtschlamm

2.2 Anlagenrealisierung

Die Konzeption der TDH-Anlage wurde in den Jahren 2007 bis 2008 an der Kläranlage Blümlental in Pirmasens umgesetzt. Dazu wurden durch Umbau eines älteren Betriebsgebäudes die notwendigen Räumlichkeiten geschaffen, eine leistungsfähigere Vorentwässerung realisiert und zwei Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 160 kW installiert.



Abb. 2: Inbetriebnahme der TDH-Anlage am 12. April 2008 durch Umweltministerin Conrad

3 Zwischenergebnisse der Schlammbehandlung

Nach einem mehrmonatigen Testbetrieb der TDH-Anlage, bei der die Anlagensteuerung weitestgehend automatisiert und einige Anlagenkomponenten optimiert wurden, konnte mit der Auswertung der Schlammbehandlung bei verschiedenen Temperaturen begonnen werden. Im ersten Ansatz sollten Temperaturen von 120 °C, 140 °C, 160 °C und 180 °C nach der Reaktionsstrecke der Thermodruckhydrolyse eingestellt werden und die Effekte sowohl bei der Gasproduktion im Faulturm, als auch in Versuchsfermentern im Technikum des PFI untersucht werden.

3.1 Steigerung der Biogasausbeute im Faulturm

Bei der Umstellung der Behandlung von Belebtschlamm auf den hydrothermalen Aufschluss ist sehr deutlich die Steigerung der Biogasproduktion zu beobachten (siehe unten). Obwohl die Gesamtschlammmenge (roter Balken) nahezu gleich blieb und die Primärschlammzugabe sogar reduziert wurde, konnte die Gasproduktion deutlich gesteigert werden (über 20 % bei einer Behandlungstemperatur von 140 °C). Aufgrund verschiedener äußerer Einflüsse (Regenfälle, TS-Gehalt im Belebungsbecken) ist die Schlammbeschickung in den Faulturm über längere Zeit nicht konstant. Aus diesen Gründen können TDH-Effekte besser über dynamische Gärtests ermittelt werden.

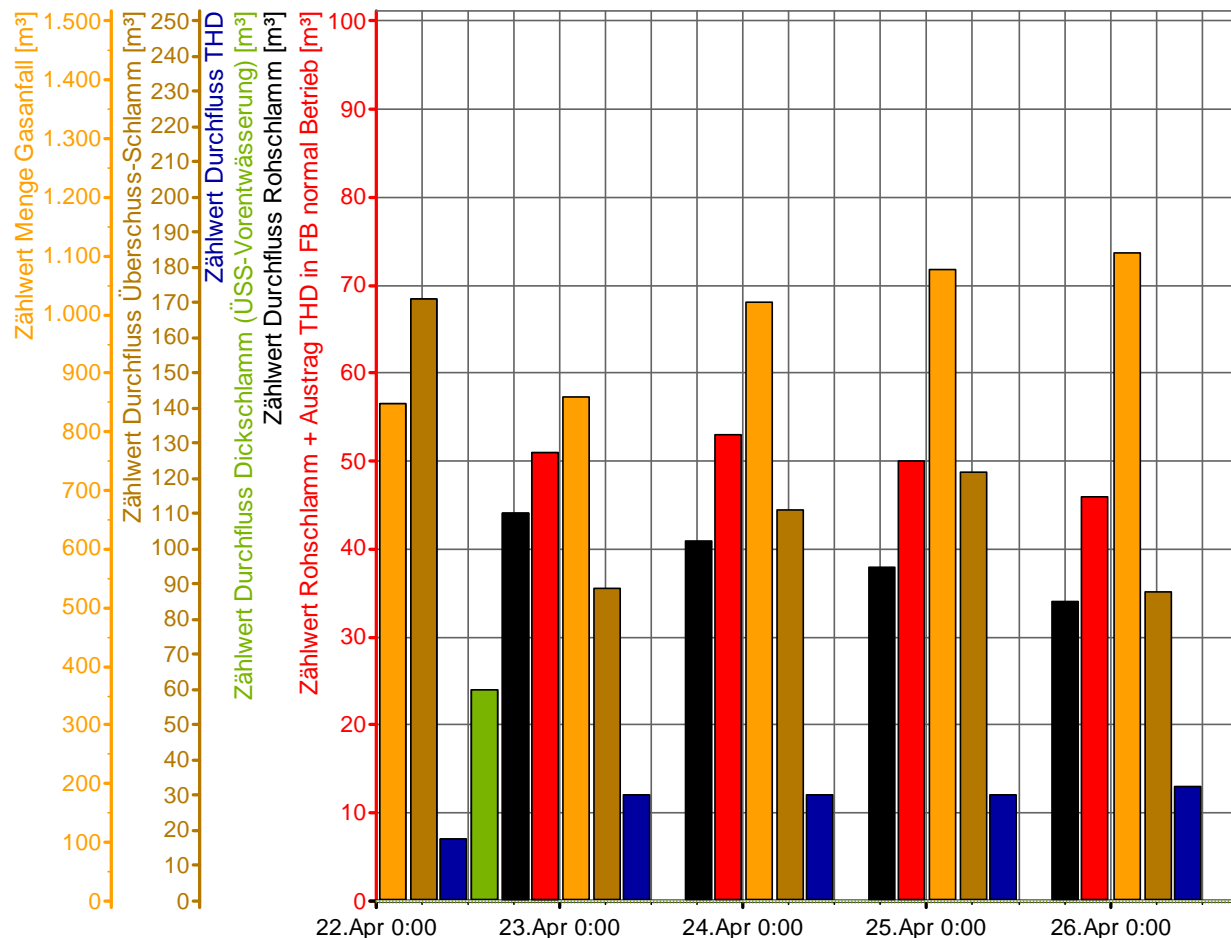


Abb. 3: Steigerung des Biogasertrages im Faulturm nach Umstellung auf TDH-Betrieb

3.2 Durchführung von dynamischen Gärtests

Die dynamischen Gärtests werden in 100 Liter Fermentern im Parallelansatz durchgeführt. Es wird sichergestellt, dass über mehrere Wochen die gleichen Versuchsbedingungen (Temperatur, hydraulische Verweilzeit, Inputmenge- und -qualität) herrschen. In regelmäßigen Abständen wird die Fermenterflüssigkeit zur Überwachung der Prozessstabilität auf flüchtige organische Säuren (FOS), Ammonium-Stickstoff, TS und OTS-Gehalt untersucht. Die Biogasproduktion wird kontinuierlich gemessen und die Gaszusammensetzung in Intervallen bestimmt.



Abb. 4: Parallelansatz für dynamische Gärtests im Technikum des PFI

Die Schlämme zur Durchführung der dynamischen Gärtests wurden zeitgleich an der Kläranlage Blümmetal aus dem Vorlagebehälter (unbehandelter Belebtschlamm) der TDH-Anlage, aus dem Austragsbehälter der TDH-Anlage (behandelter Belebtschlamm) und aus dem Pumpensumpf (Primärschlamm) entnommen und auf die Parameter TS- und oTS-Gehalt im PFI-Labor analysiert. Danach wurde der Schlamm portioniert und für den Versuchszeitraum im Kühlschrank aufbewahrt. In regelmäßigen Abständen wurden die Schlämme optisch und analytisch auf die gleichbleibende Qualität untersucht. Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse bei Behandlungstemperaturen von 120 °C und 140 °C vorgestellt. Bei der grafischen Darstellung und der Ergebnisauswertung werden die Anfahr- und Versuchsumstellungsphasen nicht berücksichtigt.

Der hydrothermale Aufschluss von Belebtschlamm bei 120 °C zeigt in der 1. Versuchswoche eine deutliche Mehrproduktion an Biogas. In der 2. Versuchswoche fällt der Mehrertrag geringer aus. Dies ist ein Hinweis, dass zwar eine deutliche Beschleunigung des Methanisierungsprozesses erreicht werden, aber der spezifische Biogasertrag bei einer Behandlungstemperatur von 120 °C nur geringfügig gesteigert werden kann. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass die oTS- und Ammoniumstickstoff-Gehalte des Faulschlammes beider Versuchsansätze sich kaum unterschieden. Über einen Zeitraum von 2 Wochen betrug der Mehrertrag des behandelten Belebtschlammes ca. 16 %. Betrachtet man nur die 2. Versuchswoche, dann schrumpft der Mehrertrag auf nur 8 %. Die hydrothermale Behandlung bei 120 °C ist nicht ausreichend um das Arbeitsziel von 50 % Steigerung zu erreichen.

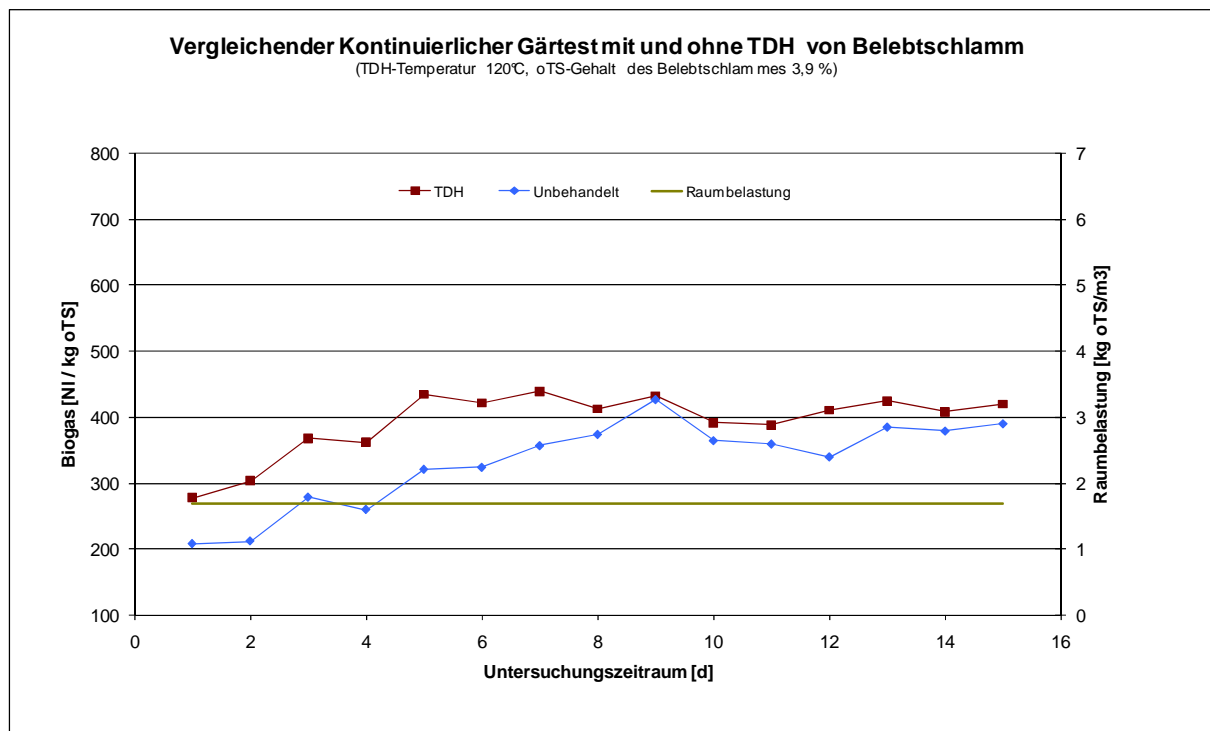


Abb. 5: TDH-Effekte der Monovergärung von Belebtschlamm nach einer Behandlungstemperatur von 120 °C

Der hydrothermale Aufschluss von Belebtschlamm bei 140 °C ist über den ganzen Versuchszeitraum eine gleichbleibend höhere Biogasausbeute zu beobachten. Über einen Zeitraum von 2 Wochen betrug der Mehrertrag des behandelten Belebtschlammes ca. 25 %. Betrachtet man nur die 2. Versuchswoche, dann beträgt der Mehrertrag nach der hydrothermalen Behandlung 20 %. Der stärkere Organikabbau des TDH-behandelten Schlammes bestätigt sich auch durch die Reduktion des oTS-Gehaltes im Faulschlamm um bis zu 2 % und einen Anstieg der Ammonium Konzentration um ca. 20 %. Die Viskosität des hydrothermal behandelten Schlammes wird um das 3 bis 4-fache reduziert.

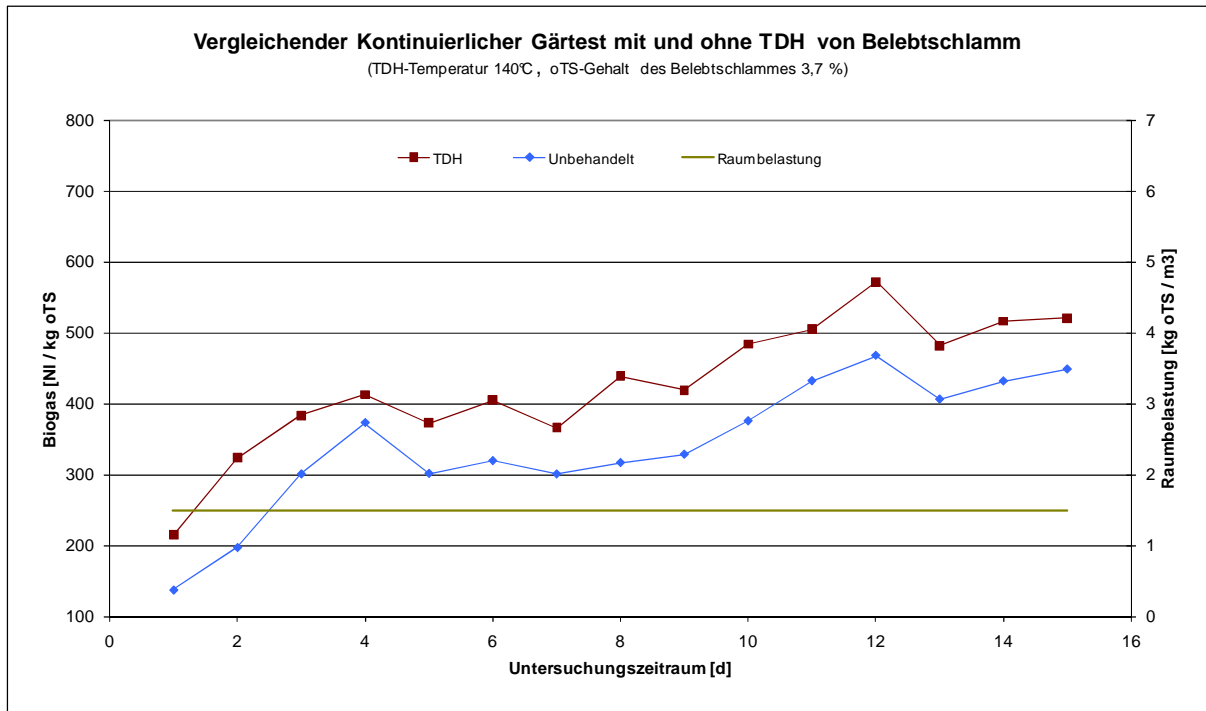


Abb. 6: TDH-Effekte der Monovergärung von Belebtschlamm nach einer Behandlungstemperatur von 140 °C

Bei dem nächsten Versuchsansatz wurde der dynamische Gärtest mit einer Mischung aus Primärschlamm und Belebtschlamm durchgeführt, die den Verhältnissen in der Praxis sehr nahe kommt (Gewichtsverhältnis 1:1). Abweichend zu den normalen Verhältnissen wies der Primärschlamm ungewöhnlich hohe TS-Gehalte auf (lange Trockenperiode), so dass das oTS-Verhältnis von Primärschlamm zu Belebtschlamm ungefähr 2:1 betrug. Trotz des hohen oTS-Anteils an Primärschlamm, war über den gesamten Versuchszeitraum ein Mehrertrag der hydrothermal vorbehandelten Probe von fast 17 % zu beobachten. Betrachtet man nur die 2. Versuchswoche, dann beträgt der Mehrertrag nach der hydrothermalen Behandlung noch 15 %.

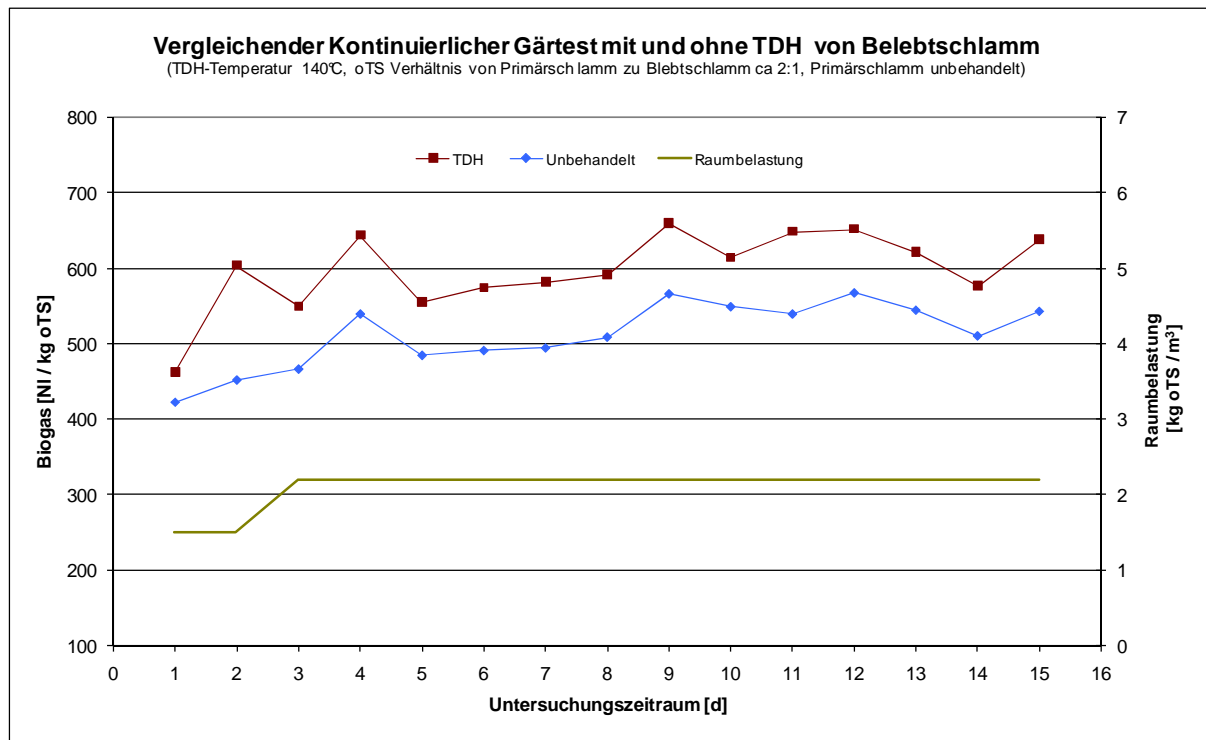


Abb. 7: TDH-Effekte der Covergärung von Belebtschlamm mit Primärschlamm bei einer Behandlungstemperatur von 140 °C

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Forschungsprojekt „Aufbau und Einsatz einer Pilotanlage zur Thermodruckhydrolyse zur Verbesserung der energetischen Nutzung von Biomasse am Beispiel von Belebtschlamm“ konnte der hydrothermale Aufschluss von Belebtschlamm erfolgreich großtechnisch umgesetzt werden. Der Prozess wurde weitestgehend automatisiert, so dass zum Betrieb und zur Wartung der Anlage nur ein geringer Personaleinsatz erforderlich ist. Durch die Anpassung des Durchsatzes in Abhängigkeit von der Wärmebereitstellung des Blockheizkraftwerks kommt der hydrothermale Aufschluss ohne den Einsatz von zusätzlicher fossiler Energie aus.

Bisher wurde die hydrothermale Schlammbehandlung bei 120 °C und 140 °C umfassend untersucht. Dabei zeigt sich, dass die Biogasausbeute aus Belebtschlamm bei 140 °C um ca. 20 % gegenüber unbehandeltem Schlamm gesteigert werden kann. Bei einer Behandlungstemperatur von 120 °C sind die Biogaserträge im Vergleich zu unbehandeltem Belebtschlamm nur um 8 % höher. Es ist zu erwarten, dass bei einer Behandlungstemperatur von 160 °C der Biogasertrag noch deutlich gesteigert werden kann. Bei der Beschickung mit einer Schlammmischung aus Belebt- und Primärschlamm konnte bei einer Behandlungstemperatur des Belebtschlammes von 140 °C eine 15 % höhere Biogasausbeute erzielt werden.

Die Untersuchung der Entwässerungseigenschaften wird erst durchgeführt, wenn die optimale Behandlungstemperatur zur Biogassteigerung ermittelt ist.



5 Danksagung

Das Projekt wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau sowie mit Mitteln des Ziel-2-Programmes der Europäischen Union gefördert und während der Ausführung durch das Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz betreut.

Nach einer Bauzeit von annähernd zweieinhalb Jahren bei Investitionskosten von rd. 1,8 Mio. Euro nimmt die Pilotanlage im Dezember 2007 den Probebetrieb auf.