

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 74 (1982)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Untersuchungen über die Versäuerung von pasteurisiertem Rohschlamm in einem Festbettreaktor  
**Autor:** Görlich, Lothar  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941157>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Untersuchungen über die Versäuerung von pasteurisiertem Rohschlamm in einem Festbettreaktor

Lothar Görlich

## Zusammenfassung

In einem Festbettreaktor von rund 8 m<sup>3</sup> Inhalt und 320 m<sup>2</sup> Einbaufläche wurden Versuche zur Versäuerung von organisch hochbelastetem pasteurisiertem Rohklärschlamm durchgeführt. Es ergaben sich dabei funktionale Beziehungen zwischen der Zunahme organischer Säure, errechnet als Buttersäure CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH, und der Aufenthaltszeit des Schlammes im Reaktor. Bei Reaktionszeiten von 9 bis 10 h konnten Säuregehalte im Schlamm erreicht werden, die um 70% über den Werten unbehandelten Schlammes lagen.

Abhängigkeiten des Abbaus organischer Trockensubstanz im Reaktor, bezogen auf die Eingangslast org. TS/m<sup>3</sup> Reaktorvolumen und Tag, sind graphisch aufgezeigt. Mit zunehmender spezifischer Reaktorbelastung steigt, je nach Aufenthaltszeit, der Abbau org. TS. Es wurden Abbauraten von bis zu 14 kg org. TS/m<sup>3</sup> und Tag festgestellt. Das sich bei einer Reaktionszeit von 10 h entwickelnde Prozessgas bestand zu 74% CO<sub>2</sub>, etwa 2,3 bis 4,5% H<sub>2</sub>S, 21 bis 23% CH<sub>4</sub> und 0,7% H<sub>2</sub> mit geringen Restgasanteilen.

Die erzeugte Gasmenge betrug im Mittel rd. 85 l/kg abgebauter org. TS.

## Summary

Experiments for acidification of organically highburdened pasteurized raw sewage sludge have been made in a fixed bed basement reactor with a volume of approx. 8 m<sup>3</sup> and a built-in area of 320 m<sup>2</sup>. Functional relations between the

increase of organic acid, calculated as butyric acid CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH, and the duration of stay of the sludge in the reactor have been discovered. At a duration of stay of 9–10 hours acid values were reached which were about 70% higher than the values of raw sludge.

The dependences of the reduction of organic dry substance in the reactor referring to the input load org. DS/m<sup>3</sup> reactor-volume and day are pointed out in a graphic. By increasing the specific loading condition of the reactor, the reduction of org. DS is growing according to the duration of stay. Reduction rates of max. 14 kg org. DS/m<sup>3</sup> and day were reached.

The process gas, which developed during the reaction stage i.e. 10 h dwelling time consisted of 74% CO<sub>2</sub>, 2,3–4,5% H<sub>2</sub>S, 21–23% CH<sub>4</sub>, and 0,7% H<sub>2</sub> with slight org. DS amount of residual gas.

The quantity of gas which was produced amounted to the arithmetical mean approx. 85 l/kg of reduced org. DS.

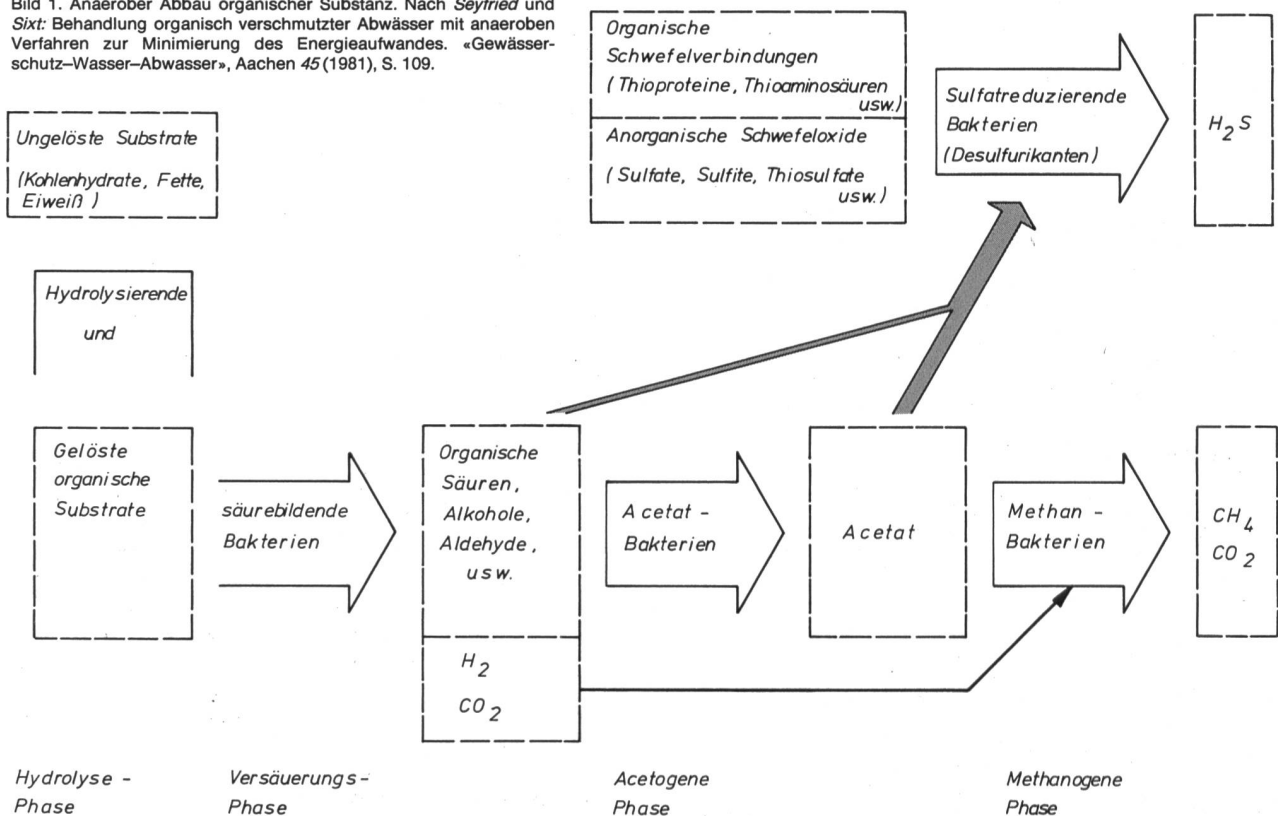
## 1. Allgemeines

Das zunehmende Interesse, die anaerobe Schlammbehandlung in Faultürmen künftig mehr als bisher unter dem wirtschaftlichen Aspekt der Gewinnung von Rohenergie in Form von Faulgas zu betreiben, hat in der Folge neuer biochemischer Erkenntnisse zur Entwicklung der zweistufigen Prozesstechnik – der Versäuerungs- und der nachfolgenden Methanisierungsstufe – geführt.

Ihre Anwendung ermöglicht, bei verfahrenstechnisch jeweils getrennt in geeigneten Reaktoren durchgeführter Versäuerung und Methanisierung organisch hochbelasteter Schlämme,

- den Gesamtprozess der Faulung zu beschleunigen,
- die Faulgasausbeute zu erhöhen,
- bei unbedeutend veränderten Betriebskosten vorhandene Faultürme zu entlasten
- und Investitionskosten neuer Schlammbehandlungsan-

Bild 1. Anaerober Abbau organischer Substanz. Nach Seyfried und Sixt: Behandlung organisch verschmutzter Abwässer mit anaeroben Verfahren zur Minimierung des Energieaufwandes. «Gewässerschutz-Wasser-Abwasser», Aachen 45 (1981), S. 109.



lagen durch konstruktiv kleiner auszulegende Einzelstufen deutlich zu verringern [1], [2].

Im folgenden wird über Versuchsergebnisse der bakteriellen Versäuerung pasteurisierten Rohschlammes aus organisch hochbelasteten Abwässern einer Stadt mit 8000 Einwohnern und 70 000 EGW ihrer vorwiegend Lebensmittel verarbeitenden Industrie in einem Festbettreaktor berichtet.

## 2. Die Versäuerungsphase im anaeroben Zweistufenprozess

Die Umwandlung organischer Substanz der Schlamm-inhaltsstoffe im anaeroben Prozess zu Methan ( $\text{CH}_4$ ), Kohlendioxyd ( $\text{CO}_2$ ) und Biomasse erfolgt nach dem bekannten 4-Phasen-Modell [2] [3] durch die z. T. symbiotisch aktive Stoffwechselleistung einer ausserordentlich grossen Vielfalt von Mikroorganismen (Bild 1).

Die Übertragung der Ergebnisse mikrobiologischer Forschung des anaeroben Prozesses in die angewandte Verfahrenstechnik der Klärschlammbehandlung führte zur Zweistufen-Prozesstechnik, und zwar

- der Versäuerungsstufe mit den Phasen Hydrolisierung, Versäuerung und einer teilweisen Sulfatreduzierung
- sowie der Methanisierungsstufe mit den Phasen Acetogenisierung, Sulfatreduzierung und Methanisierung.

Ziel der Versäuerungsstufe ist es, die im Schlamm enthaltenen Makromoleküle der Kohlehydrate, Proteine und Fette in leichtlösliche Bausteine zu spalten (hydrolysieren) und sie dann durch versäuerungsaktive, vorwiegend fakultativ anaerobe Bakterien soweit in kurzkettige organische Säuren umzusetzen, bis sie für den Stoffwechselumsatz obligat anaerober Bakterien der nachgeschalteten Methanisierung günstig aufbereitet sind. Der hierbei technisch erreichbare Versäuerungsgrad ist naturgemäss von der Art der organischen Schlamm-inhaltsstoffe, ihrer Aufbereitung und der Reaktorkonstruktion abhängig.

Eine weitgehende Stoffhydrolyse als organisch-chemischer Umsatz kann entweder mit Hilfe biologischer Katalysatoren, den substratspezifischen Enzymen, innerhalb des Versäuerungsreaktors erfolgen oder physikalisch unter dem Einfluss von z. B. Fremdsäure, hoher Temperatur und hohem Druck erreicht werden. Die physikalische Methode der Hydrolyse wird apparativ ausserhalb der biologischen Versäuerungsphase vollzogen, da sie unter für die Versäuerungs-bakterien unverträglichen Umweltbedingungen abläuft.

Von besonderer Bedeutung für die angestrebte Wirkung der Hydrolysierung und Versäuerung als Teil der anaeroben Fermentation von Klärschlamm ist:

- die belastungsgerechte Dimensionierung der ausgewählten Reaktoren,
- die optimale Ausnutzung der eingesetzten Energie,
- die Schaffung der für die Weiterentwicklung der Mikroorganismen günstigsten Umweltbedingungen,
- der Erfolg, mit technischen Mitteln die Voraussetzung für die Anreicherung einer grossen, versäuerungsaktiven Biomasse im Schlamm zu erzielen.

In der Regel erfolgt die Hydrolysierung mikrobiell-enzymatisch in den Versäuerungsreaktoren. Die Technik der physikalisch-thermischen Hydrolysierung wird bisher nur in Sonderfällen, z. B. im Zusammenhang mit der Hochtemperatur-Stabilisierung von Schlamm oder einer aus seuchenhygienischen Gründen ohnehin notwendigen Pasteurisierung des Schlammes bei 70 °C und mehr, angewendet. Sie gewinnt jedoch bei den für die landwirtschaftliche Nut-

zung von Faulschlamm seit etwa 1981 gültigen gesetzlichen Bestimmungen, die eine Hygienisierung des Schlammes vorschreiben, zunehmend an Bedeutung.

Für die technisch-praktische Ausführung der thermischen Behandlung von Klärschlamm durch Pasteurisation, mit dem Nebeneffekt gleichzeitiger Hydrolysierung, ist die apparative Auswahl und Anordnung im Hinblick auf die günstigste Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Energie, wie Wärme aus Faulgas oder biologisch thermische Reaktionsenergie, verfahrenstechnisch bekannt [5], [6]. Ebenso sind Anlagen zur Hochtemperatur-Stabilisierung von Klärschlamm in Betrieb.

Die wirtschaftliche Prozesstechnik der Versäuerung von Schlamm durch Bakterien erfordert es, mit geeigneten Verfahren und spezieller Ausrüstung der Reaktionsbehälter, die Zahl der biologisch aktiven Organismen im Schlamm um ein Vielfaches grösser zu halten als ihre durch die hydraulische Belastung des Systems unvermeidbare Auswaschräte.

Mathematisch muss dabei die Schlammaufenthaltszeit in einem normalen Versäuerungsreaktor mindestens der reziproken Wachstumsrate der Bakterien entsprechen.

Die Wachstumsrate der für die Versäuerung massgeblichen Bakterien beträgt in einer Substratzusammensetzung, wie sie z. B. in Klärschlamm mit einem Anteil von etwa 10% Primär- und 90% Sekundärschlamm vorliegt, bei einer Temperatur von 35 °C, etwa 3,84/Tag, bei hohem Zellstoffanteil im Schlamm ca. 1,7/Tag [1]. Demzufolge müsste, um die Zahl der ursprünglich im Schlamm vorhandenen Bakterien mindestens konstant halten zu können, das technisch kleinste Volumen des Reaktors einer Schlammaufenthaltszeit von 6 bis 15 h entsprechen. Wird diese Bedingung gerade noch erfüllt, sind Bakterien in nur relativ geringer Menge vorhanden und die Versäuerung der im Klärschlamm in unterschiedlicher Konzentration vorliegenden Substrate unvollständig. Eine Vergrösserung der Biomasse ist allgemein nur über eine Verlängerung der Verweilzeit des Schlammes im Reaktor zu erreichen.

Für den Betrieb einer solchen Anlage müssen in der Dimensionierung des Reaktors noch unvermeidbare betriebliche Unsicherheiten, wie die stetige Änderung der Substratkonzentration und die im Tagesverlauf unterschiedlich zu verarbeitende Schlammmenge, berücksichtigt werden, so dass Aufenthaltszeiten von 25 h und mehr für die tatsächliche Bemessung der Reaktoren angesetzt werden.

Die technisch-wirtschaftliche Dimensionierung der Reaktoren ist in der Praxis ein Problem, das in einer Vielzahl von Reaktortypen noch unbefriedigend gelöst worden ist [4]. Eine grössere Zahl von brauchbaren Erfahrungswerten mit in Betrieb befindlichen Versäuerungsreaktoren liegt auch noch nicht vor.

Das für eine hinreichende Versäuerung von Klärschlamm oder organisch hochbelasteten Flüssigkeiten notwendige Bauvolumen lässt sich in der Zweistufen-Prozesstechnik durch die Einführung neuer Techniken, wie sie z. B. Seyfried zusammenfassend beschrieben hat [4], soweit verringern, dass der Vorteil dieser Verfahrenstechnik gegenüber der klassischen Faulung deutlich grösser wird.

Gosh und Klass [1] berichten beispielsweise über eine Steigerung der Gasproduktion von bis zu 80% bei einem auf 35% verringerten Behältervolumen einer nach dem Zweistufen-Prozessverfahren arbeitenden Schlammbehandlungsanlage in Chicago.

Für jeden Einzelfall praktischer Anwendung der neuen Technik anaerober Schlammbehandlung sollten stets die Ergebnisse individueller Versuche Grundlage der Ermittlung von Reaktordaten sein.

Ökonomische Vergleiche apparativen und energetischen Aufwandes des Verfahrens mit dem der «klassischen» Faulung beziehen als wirtschaftliches Merkmal notwendigerweise auch den finanziellen Vorteil erhöhter Faulgasausbeute, bewertet an der Möglichkeit vermehrter Erzeugung elektrischer Energie, ein.

### 3. Ziel der Untersuchungen und Beschreibung der Anlage

Die auf der Kläranlage eines grösseren Lebensmittelwerkes in Diessen a.T.W. durchgeführten Versuche zielten darauf ab, Hinweise über die Entwicklung der Versäuerung von pasteurisiertem Rohschlamm in einem Festbettreaktor zu erhalten, um aus den sich hieraus ergebenden Daten und Merkmalen des Schlammes auf die künftige Belastung der nachgeschalteten Faultürme schliessen zu können.

Der hier zu verarbeitende Rohschlamm besteht aus ca. 80% Überschussschlamm der Belebung, ca. 10% Tropfkörperschlamm und ca. 10% Primärschlamm. Der Anteil organischer Trockensubstanz (org. TS) beträgt etwa 76%, der Gesamt-TS-Gehalt im Mittel 34,6 g/kg, der Gehalt an org. Säure, berechnet als Buttersäure, etwa 1600 g/m<sup>3</sup>.

Die Pasteurisierung erfolgt bei einer Temperatur von mindestens 70 °C und einer Verweilzeit von rund 30 Minuten. Durch diese thermische Vorbehandlung sind eine Vielzahl der organischen Schlamminhaltsstoffe weitgehend hydrolysiert bzw. soweit aufgespalten, dass ihre enzymatische Aufbereitung in der Versäuerungsstufe rascher abläuft.

Für die Versuche wurde ein Reaktor mit einem Inhalt von etwa 8 m<sup>3</sup> errichtet (Bild 2) und mit einem Teilstrom pasteurisierten Rohschlammes beschickt.

Die Versuchsdauer betrug etwa 6 Monate.

Die Konstruktion der Versuchsanlage ist im wesentlichen durch die Reaktoreinbauten in Form von vieleckigen, senkrecht angebrachten dünnwandigen PVC-Rohren gekennzeichnet. Ihre Wandung dient den Bakterien als Siedlungsfläche.

Es konnte mit dieser Konstruktion erwartet werden, dass die im System wirksame Biomasse deutlich grösser ist als in den bisher bekannten Reaktorkonstruktionen.

Eine im Kopf des Versuchsreaktors angeordnete system-spezifische Schlammverteilereinrichtung ist dazu geeignet, den naturgemäss heterogenen Schlamm verstopfungsfrei mit einer weitgehend gleichmässigen Oberflächenbelastung über den Reaktorquerschnitt zu verteilen. Die Oberflächenbelastung ist ihrer Höhe nach so gewählt worden, dass ein allmähliches Zuwachsen der Reaktoreinbauten vermieden wird, sich aber auch noch eine Schicht bioaktiver Substanz zur Schlammresorption bilden kann.

Im Zustand unterschiedlicher Schlammengen und organischer Stoffbelastungen des Reaktors war in einzelnen Untersuchungen aufzuklären:

chemisch:

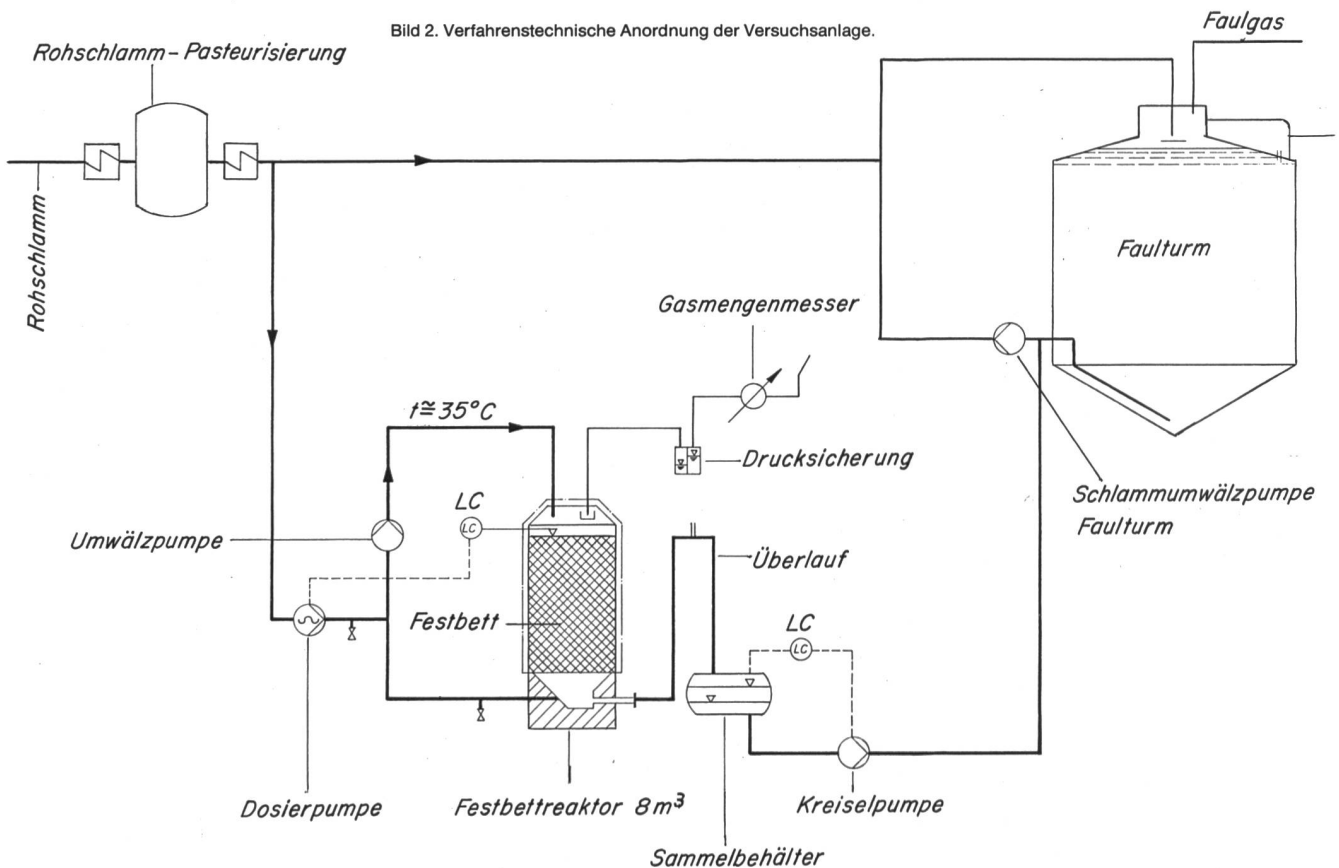
- die Änderung des Schlamm-Versäuerungsgrades
- der Abbau organischer Trockensubstanz
- die Gasentwicklung
- die Gaszusammensetzung

technisch:

- das Transport- und Verteilverhalten des Schlammes innerhalb des Reaktorsystems
- die Bildung von Biomasse an den Siedlungsflächen
- die hydraulischen Merkmale der gewählten Konstruktion

### 4. Versuchsdurchführung

Die Beschickung des Reaktors mit den für die Versuchsabschnitte definierten Schlammengen erfolgte nahezu konti-



nuierlich. Bei konstantem Schlammvolumen im Reaktor betragen die theoretischen Aufenthaltszeiten des behandelten Schlammes in den einzelnen Versuchsperioden jeweils 7, 9, 15, 18 und 24 h.

Die Reaktionstemperatur wurde auf 35 °C eingestellt. Den Stofftransport zu den insgesamt 320 m<sup>2</sup> umfassenden Siedlungsflächen der Mikroorganismen besorgte die intensive Schlammumwälzung mit einer Kreiselpumpe über die Verteileinrichtung im Reaktorkopf.

Die Entnahme der Schlammproben aus der Rohschlammzuleitung und der Umwälz-Mischleitung erfolgte halbstündlich über 10 h/Tag, jeweils für jede Entnahmestelle zu einer Tagesmischprobe gesammelt. Die Versuchsanlage wurde ganztägig betrieben. Durch die auch in den Nachtstunden nahezu unveränderte Belastung der Kläranlage und den damit verbundenen Anfall von Klärschlamm etwa gleicher Konzentration und Zusammensetzung wie zur Tageszeit konnte für die Versuchsanlage von einer über 24 h gleichmässig verteilten Fracht org. TS ausgegangen werden.

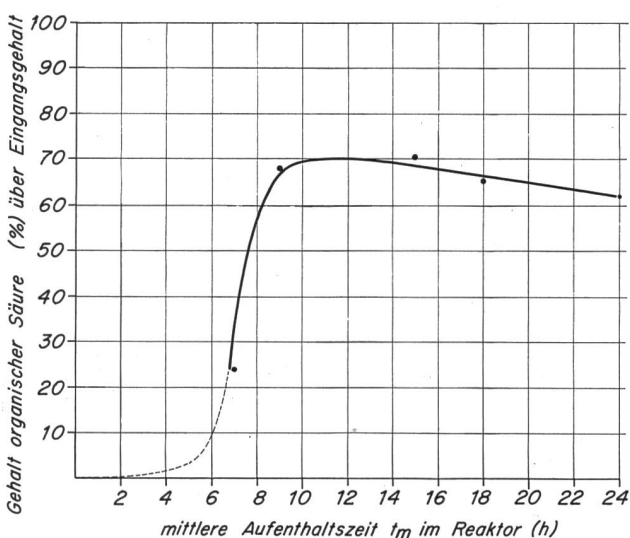
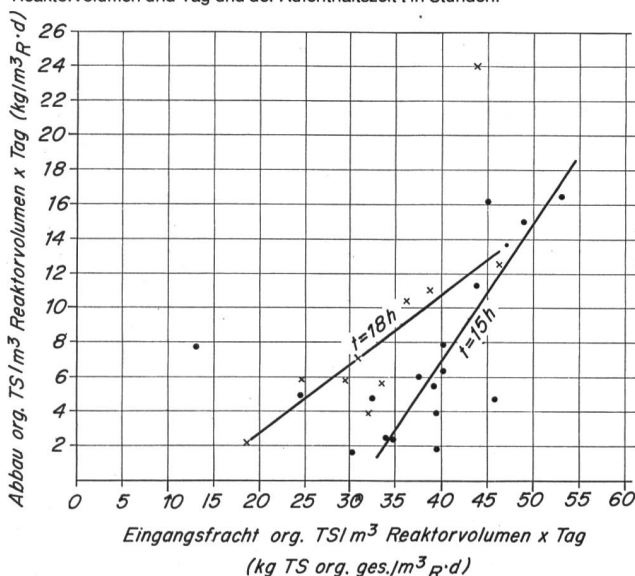


Bild 3. Entwicklung der im Schlamm enthaltenen organischen Säuren in % als Funktion der Aufenthaltszeit im Reaktor. Versuchsergebnisse für pasteurisierten Klärschlamm der Kläranlage Fritz Hamann, Lebensmittelwerke, Dissen. Der Anteil organischer Säure ist berechnet als Buttersäure  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ . Der geschätzte Verlauf ist gestrichelt angegeben.

Bild 4. Abbau von organischer Trockensubstanz pro m<sup>3</sup> Reaktorvolumen und Tag als Funktion der Eingangsfracht an organischer Trockensubstanz pro m<sup>3</sup> Reaktorvolumen und Tag und der Aufenthaltszeit  $t$  in Stunden.



Der Gasdruck im Freiraum des Reaktors wurde zur Vermeidung von unkontrolliertem Luftsauerstoffeinbruch auf 5 bis 10 mbar gehalten und überschüssiges Gas über einen Gaszähler ungenutzt ins Freie abgeleitet. Die Gasanalyse erfolgte vor Ort mit Orsat- und Dräger-Messgeräten zur Ermittlung des  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehaltes, die Gesamtanalyse im Gaschromatographen.

## 5. Versuchsergebnisse

Der Verlauf der Entwicklung organischer Säure, berechnet als Buttersäure  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$  in Abhängigkeit von der Verweildauer des Schlammes im Reaktor ist in Bild 3 dargestellt.

Der pH-Wert verringerte sich, je nach Verweildauer um etwa 0,4 (max. 1,1) Punkte, ausgehend von im Mittel etwa pH 6,5. Ein schlüssiger Zusammenhang zwischen den gemessenen Säurewerten und den sich danach einstellenden pH-Werten war nicht zu erkennen. In Bild 4 ist der Verlauf des Abbaus org. TS als Funktion der spezifischen Reaktor-Volumenbelastung mit den Parametern 15 h und 18 h Aufenthaltszeit dargestellt.

Die Gasentwicklung setzte schon nach wenigen Betriebsstunden ein. Sie betrug im Mittel 85 l Gas/kg abgebaute org. TS.

Die Gaszusammensetzung war je nach hydraulischer Belastung des Reaktors und der zugeführten org. Fracht unterschiedlich. So ergab z. B. bei einer Reaktionszeit von 10 h und etwa 40 kg org. TS im Reaktorzufluss die Prozessgasanalyse einen Gehalt von etwa 74 %  $\text{CO}_2$ , 2,3 bis 4,5 %  $\text{H}_2\text{S}$ , 21 bis 23 %  $\text{CH}_4$  und ca. 0,7 %  $\text{H}_2$  mit geringen Restgasanteilen. Bei Verlängerung der Aufenthaltszeit auf 16 h nahm der Gehalt an  $\text{H}_2\text{S}$  deutlich ab (1,4 %  $\text{H}_2\text{S}$ ), der  $\text{CH}_4$ -Gehalt stieg bis auf 28 %.

Im Verlaufe der Versuche zeigten sich keine systembedingten Schwierigkeiten des Transportes und der Verteilung des Schlammes. Insbesondere sind, nach Beseitigung einiger technischer Mängel in der Anfangsphase des Betriebes, keine Verstopfungen der Verteileinrichtung und der Reaktoreinbauten festgestellt worden.

Auch die üblicherweise vom Abwasser her bekannte Zopf- bildung von Spinnstoffen an schlammbesetzten Kanten ist hier nicht beobachtet worden.

Der Reaktorinhalt wurde ununterbrochen ca. 1,5 Mal pro Stunde umgepumpt, wobei angestrebt wurde, die Oberflächenbelastung des Reaktors mit 4,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h und die Flächenbelastung der Einbauten mit 25 l/m<sup>2</sup>·h konstant zu halten.

Der Bedarf an elektrischer Leistung für die Schlammumwälzung und -verteilung betrug 0,26 kW/m<sup>3</sup> Reaktorvolumen.

Die Bildung von Biomasse an den Siedlungsflächen unterhalb des Schlammspiegels war mit einer Schichtdecke von 2 bis 3 mm deutlich erkennbar. Auf eine mikrobiologische Untersuchung der versäuerungsaktiven Spezies ist im Rahmen dieser Versuche verzichtet worden, weil anzunehmen ist, dass hier nicht andere als bereits bekannte Mikroorganismen vorhanden sind.

## 6. Schlussbetrachtung

Die Versuche zur Versäuerung von pasteurisiertem Rohklärschlamm in einem Festbettreaktor haben gezeigt, dass bei vergleichsweise kurzen Aufenthaltszeiten (9 bis 10 h) organische Säuregehalte im behandelten Schlamm erreicht werden, die um etwa 70% über den Werten unbehandelten Schlammes liegen.

Bei längeren Reaktionszeiten, z. B. 15 bis 24 h, werden Steigerungsraten des Versäuerungsgrades um etwa 65% erreicht.

Dabei wurde festgestellt, dass insbesondere bei hohen Substratkonzentrationen auch ein Abbau organischer Stoffe, gemessen an dem Gehalt org. TS, erfolgt, und zwar in einer Größenordnung, die erheblich über den üblichen Abbauleistungen von Faulturmanlagen liegt. Die sich im Versäuerungsprozess entwickelnden Gase sind wegen des hohen Anteils an CO<sub>2</sub> an sich für eine wirtschaftliche Nutzung nicht geeignet. Ihre Verwendung in der Methanisierungsstufe dürfte aber im Hinblick auf die Methangasbildung unbedingt nützlich sein.

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen erkennen, dass ein Festbettreaktor mit geringem Bauvolumen wahlweise als Versäuerungsreaktor betrieben werden kann, oder zusätzlich hierzu zum Abbau org. TS als Entlastungsstufe vorhandenen Faultürmen vorschaltbar ist.

Für die Modellrechnung der Schlammbehandlung einer Kläranlage mit täglich etwa 200 m<sup>3</sup> Rohschlamm ergab sich unter Anwendung der ermittelten Versuchsdaten die Wahl eines Reaktors mit rund 90 m<sup>3</sup> Inhalt und einer Festbetfläche von 3600 m<sup>2</sup>.

Die org. TS-Belastung der vorhandenen Faultürme wird dabei um etwa 500 kg org. TS/Tag reduziert. Dabei wurde der Anteil organischer Säuren, die bei der TS-Bestimmung quantitativ nicht erfasst werden, die Methanisierungsstufe aber auch mit leicht abbaubaren Substraten belasten, in einer geschätzten Grösse berücksichtigt.

Der Abbau von 500 kg org. TS/Tag entspricht einer Faulraumkapazität von rund 750 m<sup>3</sup>. Bei Faulraumkosten von 500 DM/m<sup>3</sup> ergibt sich dann ein Investitionskostenvorteil des Reaktors von etwa 200 000 DM.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. Lothar Görlich, Osnabrücker Strasse 37, D-4503 Dissen a. T.W.

#### Literatur

[1] S. Gosh, D. L. Klass: Tow-phase Anaerobic Digestion. Process Biochemistry, April 1978

[2] H. Sixt: Reinigung organisch hochverschmutzter Abwässer mit dem anaeroben Belebungsverfahren am Beispiel von Abwässern der Nahrungsmittelherstellung. Veröffentlich. d. Instituts f. Siedl.-Wasserwirtschaft d. Uni Hannover, Heft 50, 1979

[3] S. Wernecke, K. Mudrack: Untersuchungen zum anaeroben Abbau von Stärke und Pektin in Abhängigkeit von der Fermenter-Belastung. «GWF» 1981, Heft 1, Verlag Oldenbourg

[4] C. F. Seyfried, M. Saake: Entwicklung in der Prozesstechnik zur anaeroben Abwasser- und Schlammbehandlung. Vortrag 15. Essener Tagung, 10. bis 12. 3. 1982, Aachen

[5] K. Pöppinghaus, Siebmann: Zweistufige Schlammbehandlung nach dem System der Sauerstoffbegasung mit anschliessender Faulung. Oswald-Schulze-Stiftung, Dokumentation 1971-1981, Gladbeck/Westf.

[6] L. Görlich: Die mittelthermische Behandlung von Rohklärschlamm als wirtschaftlich ausgewogenes Verfahren zur Verbesserung der anaeroben Faulung und seuchenhygienischen Unbedenklichkeit von Faulschlamm. «Gas-Wasser-Abwasser», 1978, Nr. 12, Verlag SVGW-Zürich

## XIVe Congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages

Rio de Janeiro, 3-7 mai 1982



Compte rendu  
de Marc Balissat et Claude Bossoney

### 1. Introduction

La Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) organise tous les 3 ans un congrès traitant des problèmes liés à la conception, l'exécution et l'entretien des grands barrages. Cette année le congrès s'est tenu à Rio de Janeiro dans le cadre magnifique de la Baie de Guanabara. 1800 spécialistes, venus du monde entier, se sont réunis pour entendre des exposés sur les quatre questions préalablement posées dans le cadre du congrès; mais aussi pour échanger expériences, opinions et informations.

A l'ordre du jour de ce 14e congrès les quatre questions suivantes:

*Question 52:* Sécurité des barrages en service

*Question 53:* Influence de la géologie et de la géotechnique sur la conception des barrages

*Question 54:* Alluvionnement des retenues et stabilité de leurs versants. Conséquences techniques et effet sur l'environnement

*Question 55:* Matériaux et méthodes de construction des barrages et batardeaux en remblais

Ces questions reflètent les préoccupations des ingénieurs chargés de la construction et de l'exploitation des barrages, le problème de la sécurité des ouvrages, celui d'une meilleure connaissance des caractéristiques du site à étudier et la mise en œuvre de nouveaux matériaux, de nouvelles techniques de construction.

### 2. Question 52: Sécurité des barrages en service

Ce sujet a soulevé un grand intérêt, soit par le nombre de rapports présentés, soit par les discussions, parfois vives, faisant suite aux communications. Bien que les barrages soient des constructions sûres (130 ruptures sur les 14 000 barrages actuellement en service dans le monde), les efforts constants des constructeurs ont permis de réduire le taux de rupture des ouvrages récents. Les plus nombreuses communications traitaient de la révision des bases d'établissement des projets et de la surveillance et évaluation de la sécurité des ouvrages. Les mesures à prendre pour assurer la sécurité des ouvrages n'ont fait l'objet que de 2 communications; les problèmes de sécurité et plans d'alertes n'ont malheureusement retenu l'attention d'aucun orateur.

L'évaluation de la sécurité des barrages a fait ressortir deux tendances parmi les spécialistes de ces questions.

Pour les premiers le concept de sécurité est une notion quasi absolue; elle seule importe; tout ce qui augmente la sécurité d'un ouvrage doit être entrepris. Ce concept doit naturellement être relativisé, car la sécurité absolue n'existe pas. C'est pourquoi une seconde école essaie d'obtenir un équilibre entre la sécurité et le coût économique. On introduit alors la notion de risque – produit de la probabilité de l'évènement indésirable par l'importance