



Untersuchungen zum thermisch-chemischen Zellaufschluss



Anlage zum thermisch-chemischen Zellaufschluss in Gifhorn

auf der Kläranlage Gifhorn



1 Zusammenfassung

Beim Verfahren zum thermisch-chemischen Zellaufschluss (Pat. DE 103 47 476) werden die Zellmembranen des Überschussschlammes durch Lauge und Wärme geschädigt. Die eingesetzte Wärmemenge wird anschließend zum Beheizen der Faulung wieder verwandt. Somit entstehen nur geringe Betriebskosten.

Auf der Kläranlage Gifhorn wurde Ende 2005 eine Anlage zum thermisch-chemischen Zellaufschluss errichtet. Primäres Ziel ist es, die Gasproduktion in der Faulung zu steigern, um den wachsenden Energiebedarf zu decken. Im Februar 2006 konnten umfangreiche Untersuchungen über die Wirkung der Anlage durchgeführt werden. Wesentliches Augenmerk war dabei auf den erreichbaren CSB-Aufschlussgrad in Abhängigkeit der Temperatur und der Natronlauge menge gerichtet. Mit dem Verfahren wurde am geplanten Betriebspunkt ein Aufschlussgrad von ca. 65 % bei einer gesteigerten Temperatur oder Natronlauge menge sogar bis über 80 % erreicht. Trotz der umfangreichen, laufenden Änderungen auf der Kläranlage wurden Hinweise für eine deutliche Steigerung der Gasproduktion gefunden.

2 Verfahrensbeschreibung

2.1 Verfahrensprinzip

Der aufzuschließende Schlamm, meist nur der Überschussschlamm, wird mit einer geringen Laugenmenge versetzt. Über einen in dem Zweikammer-Reaktor integrierten oder externen Wärmetauscher wird der Schlamm auf etwa 60 bis 70 °C aufgewärmt. Als Wärmeträger kann beispielsweise 85grädiges Heiz-/Kühlwasser aus einem Blockheizkraftwerk eingesetzt werden. In dem Reaktor verweilt der Schlamm insgesamt etwa drei Stunden. Der Reaktor wird drucklos betrieben und ist über eine Aspirationsleitung mit der Atmosphäre verbunden. Nach dieser Zeit

verlässt der aufgeschlossene Schlamm annähernd pH-neutral den Reaktor.

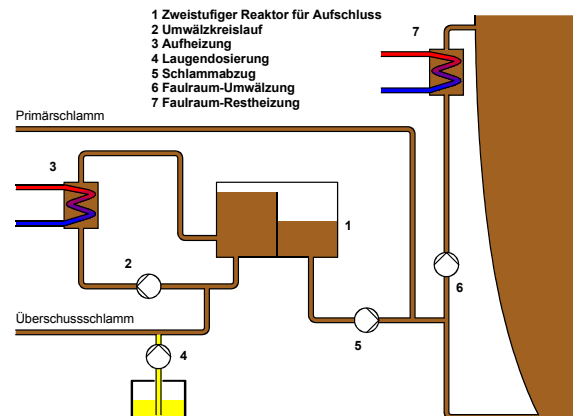


Bild 1: Verfahren zum thermisch-chemischen Zellaufschluss

Die noch in dem Schlamm enthaltene Wärmeenergie kann in nachfolgenden Verfahrensschritten, beispielsweise der Faulung, genutzt werden. Zusammen mit dem Primärschlamm wird der aufgeschlossene Überschussschlamm in die Faulung gegeben. Meist ist dann nur noch eine geringe Wärmemenge notwendig, um den Gesamtschlamm auf die erforderliche Faulraumtemperatur zu bringen. Auf diese Weise wird für den thermisch-chemischen Zellaufschluss praktisch keine zusätzliche Wärmeenergie benötigt. Die für die Faulung sowieso erforderliche Wärmeenergie wird zusätzlich zum Zellaufschluss genutzt.

2.2 Auswirkungen des Verfahrens

Bei einem thermisch-chemischen Aufschluss ist nicht zu erwarten, dass Mikroorganismen in ihrer mechanischen Struktur wesentlich verändert werden. Die Bilder 2a und b aus Untersuchungen bei den Berliner Wasserbetrieben von Herrn R. Niendorf zeigen Proben mit einer Neisser-Einfärbung.



- 2 -

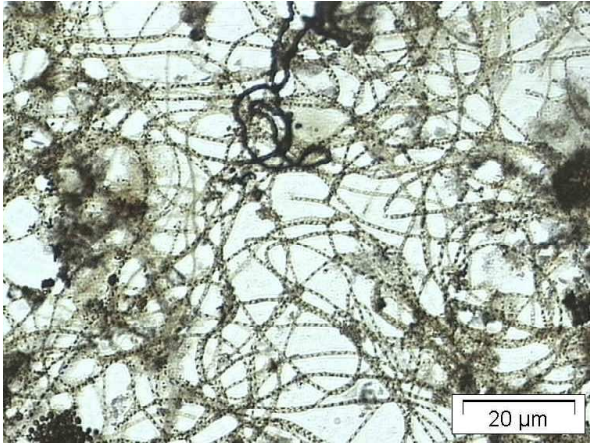


Bild 2a: Unbehandelter Schlamm nach Neisser-Färbung²

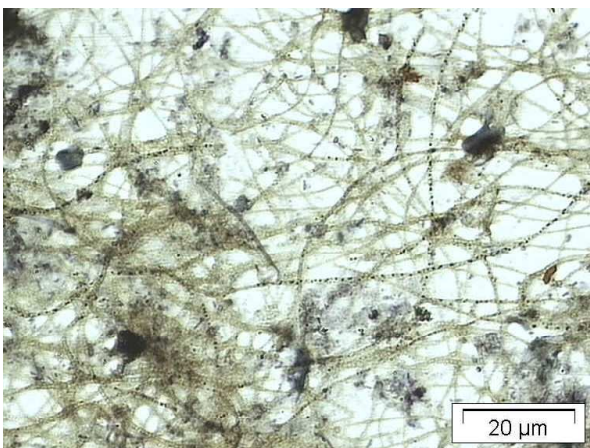


Bild 2b: Thermisch-chemisch aufgeschlossener Schlamm, kaum noch gespeicherte Phosphatgranula vorhanden²

Dabei werden die in den Zellen enthaltenen Phosphorgranula dunkel hervorgehoben. Deutlich ist in Bild 2b zu erkennen, dass innerhalb der Zellen kaum noch Phosphorgranula enthalten sind. Die Zellen sind aufgeschlossen, die intrazellulären Substanzen sind frei verfügbar.

Nach der Behandlung geht bei dem aufgeschlossenen Schlamm die Sauerstoffsverbrauchsrate auf etwa 1/10 des ursprünglichen Wertes zurück, der Schlamm atmet kaum noch. 24 Stunden danach steigt die Rate auf annähernd den doppelten Wert. Die frei verfügbaren Substanzen stehen zur Verfügung und werden veratmet (Bild 3).

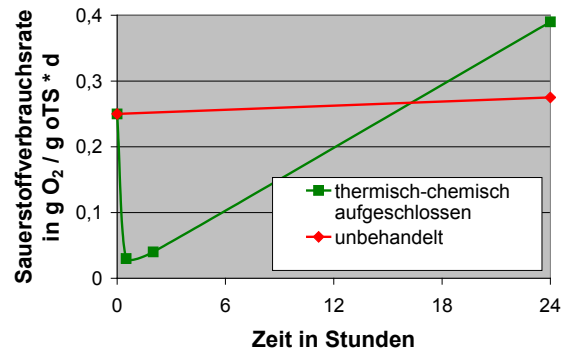


Bild 3: Sauerstoffverbrauchsrate von aufgeschlossenem und unbehandeltem Schlamm, nach²

3 Die Anlage zum Zellaufschluss

Auf der Kläranlage Gifhorn ist die Anlage zum thermisch-chemischen Zellaufschluss in den Raum zwischen den Faultürmen integriert (Bild 4).

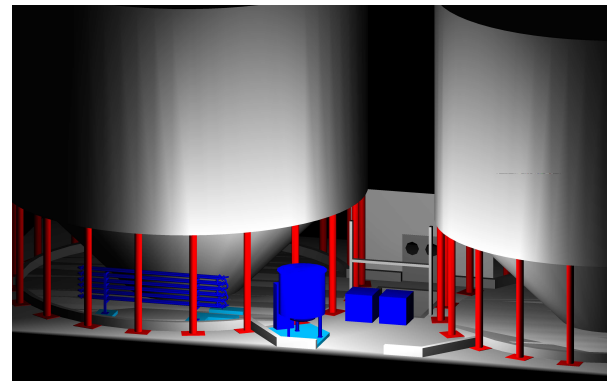


Bild 4: Integrierte Anlage zum thermisch-chemischen Zellaufschluss

Die wesentlichen Komponenten sind der zweistufige Reaktor (Bild 5),



Bild 5: Reaktor mit Schaltschrank



der in diesem Fall extern angeordnete Wärmetauscher (Bild 6)



Bild 6: Wärmetauscher und periphere Pumpen

und die Dosierstation für die Natronlauge mit den Wechselcontainern (Bild 7):



Bild 7: Dosierstation für die Natronlauge

4 Anlass für die Untersuchungen

Bisher wurde das Verfahren im Rahmen einer Diplomarbeit¹ und einer ersten Pilotanlage² bei den Berliner Wasserbetrieben untersucht. Aufbauend auf diese Ergebnisse sollte die Wirkungsweise des Verfahrens auf der Kläranlage Gifhorn im Rahmen von Praxis-

Versuchen näher untersucht werden. Ein Ziel ist dabei die Bestimmung des Aufschlussgrades in Abhängigkeit der eingesetzten Natronlauge und der Temperatur.

5 Messtechnik

5.1 Messgeräte an der Anlage

Während der Versuche wurde an der Anlage umfangreiche Messungen vorgenommen. Die Volumenströme für Schlamm- und Heizwasserströme wurden dabei durch MID's bestimmt. Aufgrund der geringen Rohrnennweiten ist die Anlage anstelle der üblichen TauchhülSENTHERMOMETER mit Rohrwandtemperaturfühlern ausgerüstet. Diese weisen zwar gewisse Abweichungen von der tatsächlichen Temperatur von bis zu 2 K auf, können dafür aber nicht zu Verstopfungen beitragen.

5.2 CSB-Aufschlussgrad

Der CSB-Aufschlussgrad wird nach

$$A_{CSB} = \frac{CSB_{Ablauf} - CSB_{Zulauf}}{CSB_{Referenz} - CSB_{Zulauf}}$$

jeweils in der Klarwasserphase der Schlämme bestimmt. Die Probe für den Referenzaufschluss wurde 1:1 mit 0,1 mol/l Natronlauge versetzt, alle anderen Proben 1:1 mit Wasser verdünnt, der Referenzaufschluss anschließend 10 min. bei 90 °C aufgeschlossen. Die Klarphase der Schlammproben wurde anschließend direkt über Dr. Lange-Membranfiltereinsätze 1,2 µm abgefiltert. Auf das Zentrifugieren musste verzichtet werden. Die unterschiedlichen Proben wurden dann im Verhältnis 1:3 bis 1:25 verdünnt und mit NANOCOLOR CSB 1500 analysiert. Vergleichsmessungen am Ende der Versuche zeigten mit einem 0,45 µm Filter keine Abweichungen im CSB-Aufschlussgrad.

Alle Proben wurden aus einer Schlammprobe doppelt aufbereitet und aus beiden Werten der Mittelwert für die Auswertung herangezogen, beim Referenzaufschluss der höhere Wert.

¹ J. Milde, Verminderung der Schaumbildung in Belebungsanlagen und Faulräumen durch Aufschluss von Schwimmschlamm und nachfolgender biologischer Reinigung – Laboruntersuchungen, Diplomarbeit, Technische Fachhochschule Berlin, FB 8, 2001

² Niendorf, R., Chemisch-thermische Desintegration von Schwimmschlamm auf der Kläranlage Waßmannsdorf, Diplomarbeit, Technische Fachhochschule Berlin, FB 8, 2003



- 4 -

6 Ergebnisse

6.1 CSB-Aufschlussgrad

Der CSB-Aufschlussgrad wurde in Abhängigkeit der Aufschlussstemperatur und der Natronlaugenmenge ermittelt:

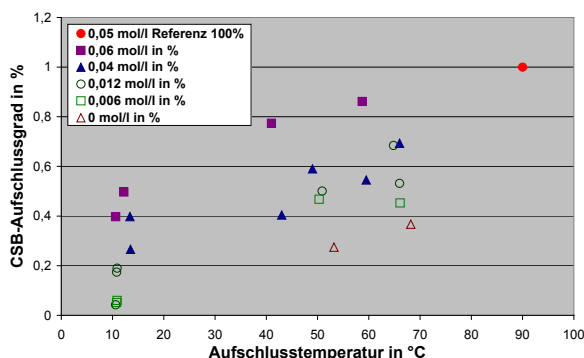


Bild 8: CSB-Aufschlussgrad bei unterschiedlichen Natronlaugendosen in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Proben im Bereich 10 bis 15 °C sind Zulaufproben nach erfolgter Einmischung der Lauge ohne den Einfluss der Reaktortemperatur. Zum Vergleich zu den mit der Anlage erreichten Werten ist rot markiert der Referenzaufschluss 0,1 mol/l bei 90 °C, 1:1 verdünnt mit eingezeichnet.

6.2 pH-Werte

Der Ablauf des thermisch-chemischen Zellaufschlusses bewegt sich im neutralen Bereich. Die beim Aufschluss freiwerdenden organischen Säuren neutralisieren den pH-Wert.

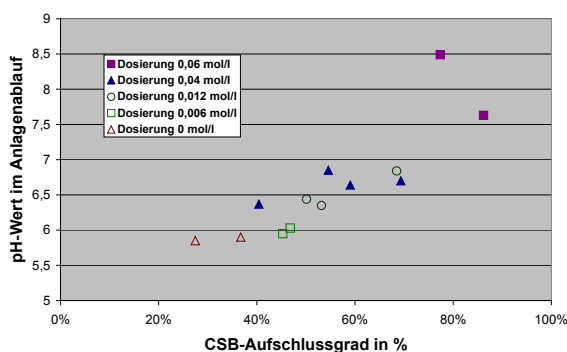


Bild 9: pH-Werte im Ablauf bei unterschiedlichen Natronlaugendosen

Bei einer Dosierung von 0,06 mol/l sind zwar die höchsten CSB-Aufschlussgrade erreichbar,

aber der Ablauf deutet auch auf eine Laugen-Überdosierung hin.

6.3 Mikroskopische Untersuchung

Die nachfolgenden Bilder zeigen den Überschussschlamm vor Eintritt in die Anlage und nach erfolgtem Aufschluss mit ca. 55 %

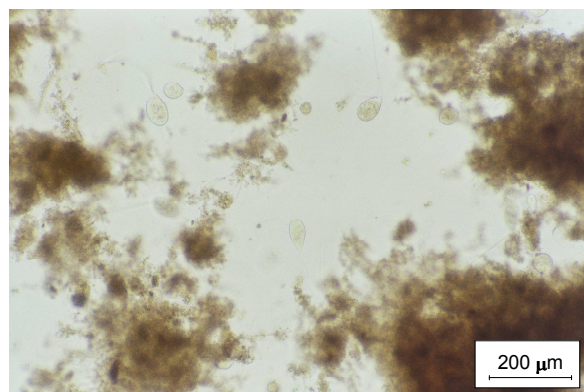


Bild 10a: Biozönose vor der Anlage zum Aufschluss

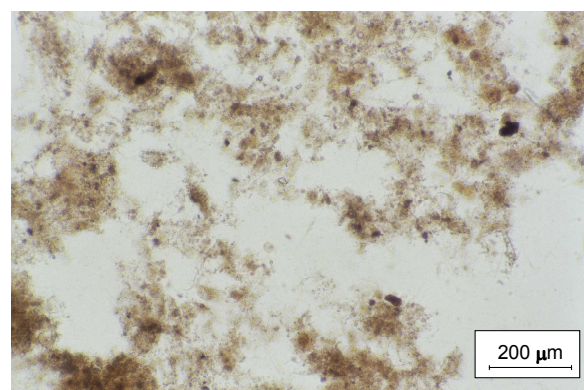


Bild 10b: Biozönose nach Aufschluss in der Anlage, ca. 55% CSB-Aufschlussgrad

Deutlich wird dabei die Zerstörung der Biozönose. Die innere Zellstruktur der Einzeller ist sichtbar geschädigt.

6.4 Gasproduktion

Für die Steigerung der Gasproduktion konnten Hinweise gefunden werden, dass die Gesamtgasproduktion um annähernd 30 % steigt. Die aber konnten aufgrund von erheblichen, betrieblichen Veränderungen in der Schlammbehandlung wenige Tage nach der Inbetriebnahme des Zellaufschlusses nicht näher untersucht werden.

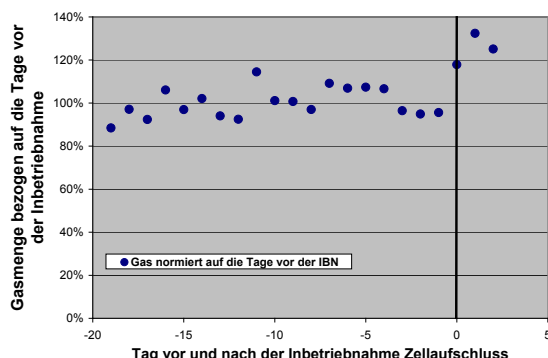


Bild 11: Gasproduktion vor und nach der Inbetriebnahme

Bei den Gas Mengen wurden für sporadische Fettschlammeinbringungen die spezifischen Gasproduktionen anhand der Jahresmittelwerte herausgerechnet.

6.5 Wertung der Ergebnisse

Die außergewöhnlich hohen CSB-Aufschlussgrade stehen im nachvollziehbaren Verhältnis zum Referenzaufschluss, der in einer ähnlichen Weise erzeugt wird, nur mit etwas mehr Natronlauge bei einer höheren Temperatur.

Bei der Natronlauge kann oberhalb von 0,6 mol/l Dosiermenge von einer gewissen Überdosierung ausgegangen werden. Dieses zeigt sich an den erhöhten pH-Werten im Ablauf der Anlage. Die sich bildenden organischen Säuren können die Natronlauge nicht mehr vollständig neutralisieren.

Für die Steigerung der Gasproduktion konnten Hinweise gefunden werden. Aufgrund der sich während der Umbaumaßnahmen in der Schlammbehandlung laufend ändernden Betriebsbedingungen konnten keine langfristigen Messungen erfolgen.

7 Betriebskosten

Bei der Zellaufschlussanlage werden je Kubikmeter Schlamm etwa 1,7 kWh für die Gesamtanlage benötigt. Aufgrund der Ergebnis-

se reichen bei dem zweistufigen Reaktor Natronlaugemengen von 1 bis 2 Liter je Kubikmeter Schlamm, um CSB-Aufschlussgrade im Bereich von 50 bis 60% zu erreichen. Die eingesetzte Wärmeenergie wird nicht als Kostenfaktor herangezogen, da diese in der Faulung wiederverwendet wird.

8 Betriebserfahrungen

Die Anlage arbeitet seit ihrer Inbetriebnahme unauffällig. Ein Blick in den Reaktor zeigt keinerlei Schaumbildung. Lediglich durch zu geringe Lagertemperaturen kam es zu Auskristallisationserscheinungen bei der Natronlauge.

9 Schlussfolgerungen

Aufgrund der sehr hohen CSB-Aufschlussgrade kann das Verfahren auch effektiv gut für Teilströme eingesetzt werden. Schon mit geringen Mengen Natronlauge lassen sich sehr hohe CSB-Aufschlussgrade erreichen. Die normalerweise über ein BHKW erzeugte Abwärmtemperatur von ca. 85 °C reicht voll aus. Sollten nur geringe Heizwassertemperaturen zur Verfügung stehen, lassen sich damit auch damit Aufschlussgrade von 50 % leicht erreichen. Damit lässt sich das Verfahren auch gut in bestehende Anlagen integrieren.

Neben dem Reaktor werden nur auf Kläranlagen übliche und bewährte Komponenten eingesetzt, so dass ein sicherer und wartungsarmer Betrieb gewährleistet ist.

10 Danksagung

Besonderen Dank gilt dem Leiter der Kläranlage Gifhorn, Herrn Bayerle und seinen Mitarbeitern, die die Versuche umfassend unterstützten und den Betrieb der Kläranlage teilweise nach dem Versuchsprogramm ausrichteten.



Wir unterstützen Sie gern in vielen Bereichen der Schlammbehandlung:

- ✓ **Zellaufschluss**
- ✓ **Faulschlamm-Vakuumentgasung**
- ✓ **Klärschlamm-trocknung**
- ✓ **Brüdenkondensation**
- ✓ **Trocknung**
- ✓ **Schaumbekämpfung**
- ✓ **Schwimmschlamm-entgasung**
- ✓ **Mischer**
- ✓ **Wärmetauscher**
- ✓ **Hygienisierung, Sterilisierung**
- ✓ **Stoff-, Energie und Kostenbilanzen**
- ✓ **Überarbeitung und Auslegung von Rohrleitungsnetzen**

Besuchen Sie uns doch im Internet:

www.pondus-verfahren.de

PONDUS Verfahrenstechnik GmbH * Luise-von-Werdeck-Straße 24 * D – 14513 Teltow

Telefon: 033 28 / 339 68 4-0 * Fax: 033 28 / 339 68 46

Internet: www.pondus-verfahren.de * Email : info@pondus-verfahren.de