



Gemeinde Rastede

Voruntersuchung für die zukünftige Schlammbehandlung auf der Kläranlage Rastede

Erläuterungsbericht



BERATENDE INGENIEURE

INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung	1
2	Rasteder Klärschlamm	2
2.1	Entwicklung der Belastung der Kläranlage	2
2.2	Klärschlammanfall	2
2.3	Zusammensetzung des Rasteder Klärschlammes	4
3	Alternativen zur Klärschlammbehandlung	5
3.1	Kalte Faulung	5
3.2	Aerob thermophile Schlammbehandlung	6
3.3	Anaerobe mesophile Faulung	7
3.4	Abgabe des Klärschlammes an den OOWV	8
4	Bewertung der Alternativen zur Schlammbehandlung	9
4.1	Vergleich der Jahreskosten	9
4.2	Vorschlag für die zukünftige Klärschlammbehandlung	10
	Verzeichnis der Abkürzungen	12

1 **Veranlassung**

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm der Kläranlage Rastede wird landwirtschaftlich verwertet. Der behandelte Klärschlamm wird regelmäßig auf Wert- und Schadstoffe untersucht und kann wegen seiner Zusammensetzung als Düngemittel an die Landwirtschaft abgegeben werden. Gesetzliche Grundlagen für diese Art der Klärschlammverwertung sind das Kreislaufwirtschaftsgesetz, die Klärschlammverordnung und die Düngemittelverordnung.

Mit der Neufassung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Juni 2012 hat der Gesetzgeber die Voraussetzung für eine Verschärfung der Auflagen bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gegeben. Dies wird in der Klärschlammverordnung geregelt. Vorgesehen sind zusätzliche Auflagen in Richtung Hygienisierung des Klärschlammes, die mit der heutigen Technik in Rastede nicht erfüllt werden können. Auch bei der Düngemittel-Verordnung zeichnet sich eine Verschärfung ab, die ab 2017 dazu führen könnte, daß Klärschlämme die mit Flockungsmitteln behandelt werden nicht mehr als Düngemittel anerkannt werden und damit aus der landwirtschaftlichen Verwertung herausfallen. In Rastede werden Flockungsmittel eingesetzt, um den Klärschlamm zu entwässern zu können.

Der maschinell entwässerte Klärschlamm wird anschließend mit Branntkalk stabilisiert. Das Endprodukt ist ein krümeliges Granulat. Die Deponierung von Klärschlamm ist bereits heute verboten. Verbrennungsanlagen nehmen nur Klärschlämme an, die nicht mit Branntkalk behandelt wurden. Ein Verzicht auf Branntkalk führt dazu, dass der entwässerte Klärschlamm zu einer erheblichen Geruchsbelästigung werden würde.

Vor diesem Hintergrund muß die derzeitige Schlammbehandlung der Kläranlage Rastede mittelfristig aufgegeben werden. Als neues Verfahren bietet sich die Schlammfäulung an, die den Klärschlamm hygienisiert und in seinem Volumen um rd. 40 % verringert. Nach der Entwässerung kann der Schlamm entweder landwirtschaftlich verwertet oder in eine Verbrennungsanlage gegeben werden. Die Entsorgung ist damit langfristig gesichert.

2 Rasteder Klärschlamm

2.1 Entwicklung der Belastung der Kläranlage

Die Kläranlage Rastede hat eine Ausbaugröße von 30.000 Einwohnerwerten, bezogen auf die Schmutzfracht. Die hydraulische Durchsatzleistung wurde für 25.000 Einwohnerwerte ausgebaut. Der Grund für die unterschiedlichen Bemessungsansätze liegt in der Entsorgung der Kleinkläranlagen. Diese spielten früher eine wesentliche größere Rolle als heute, da der Anschlußgrad an die Kläranlage Rastede, erst in den 90er Jahren weiter ausgebaut wurde. Die Gemeinde Rastede hat in den 90er Jahren das Kanalnetz bis in die Randbereiche der Gemeinde ausgebaut und etwa 90% der Einwohner an die zentrale Abwasserbeseitigung angeschlossen. Durch die Ausweisung neuer Baugebiete ist die Bevölkerungszahl im letzten Jahrzehnt um rd.1.000 Einwohner auf 21.000 Einwohner angestiegen.

Bei der Gewerbeansiedlung sind in den letzten Jahrzehnten keine abwasserintensiven Betriebe hinzugekommen. Der gewerbliche Anteil am gesamten Abwasser beträgt etwa 10 -15% und entspricht in seiner Zusammensetzung dem häuslichen Abwasser. Sofern dieser Trend beibehalten wird ist die Ausbaugröße der Kläranlage Rastede mit 30.000 Einwohnerwerte für die Schmutzfracht langfristig ausreichend. Die künftige Schlammbehandlung sollte ebenfalls auf 30.000 Einwohnerwerte ausgebaut werden.

Die Reinigungsleistung der Kläranlage ist durchgehend als gut zu bezeichnen. Die Einleitbedingungen des Kläranlagenablaufes werden ganzjährig eingehalten.

2.2 Klärschlammfall

Auf der Kläranlage Rastede werden im Vorklärbecken die im Abwasser enthaltenen Feststoffe abgeschieden. Mit Hilfe des Räumers werden diese Stoffe vom Beckenboden (Rohschlamm) kontinuierlich in die Schlammtrichter am Kopfende des Vorklärbeckens gefördert. Aus diesen Schlammtrichtern wird der Rohschlamm in den Schlammstapelraum gefördert. Dieser Schlamm enthält viele organische Verbindungen und Reststoffe, die relativ schnell in Fäulnisprozesse übergehen und zu Geruchsbelästigungen führen können. Damit dieses unterbleibt wird der abgezogene Rohschlamm gemeinsam mit dem Überschuss-

schlamm regelmäßig entwässert und anschließend mit Branntkalk chemisch stabilisiert.

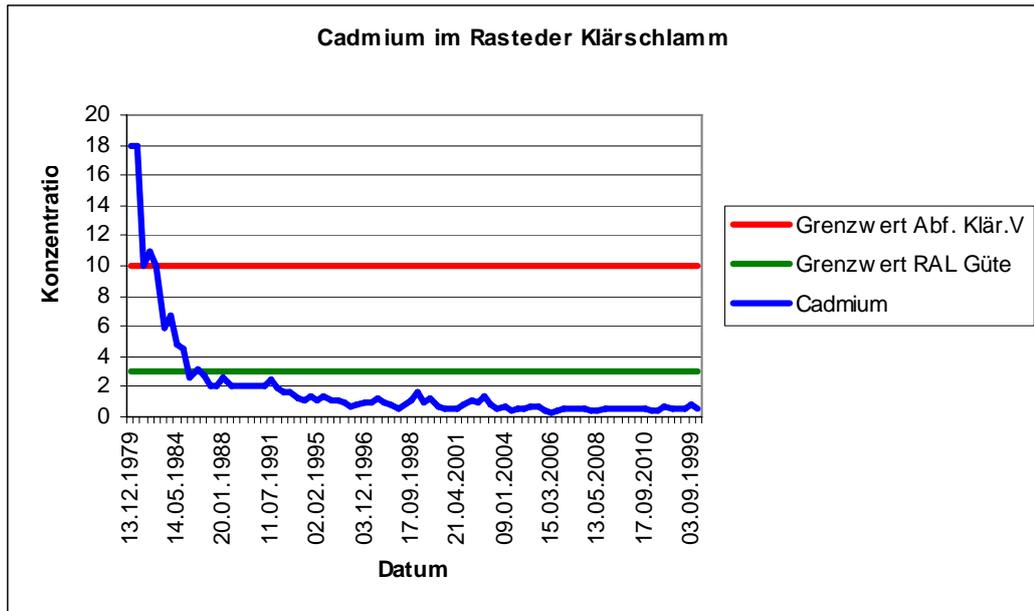
In der biologischen Stufe der Kläranlage Rastede werden die gelösten Abwasserinhaltsstoffe aus dem Abwasser entfernt. Dieses geschieht mit Hilfe des Belebtschlammes, einer Mischung aus Bakterien und Mikroorganismen, die bei der aeroben biologischen Abwasserreinigung die organischen Inhaltsstoffe abbauen. Durch die Abbautätigkeit vermehrt sich der Belebtschlamm. Da in der biologischen Reinigungsstufe die Menge an Belebtschlamm weitgehend konstant gehalten werden muß, wird der tägliche Belebtschlammzuwachs regelmäßig als s.g. Überschussschlamm abgezogen. Dieser wird gemeinsam mit dem Rohschlamm aus der Vorklärung in den Schlammstapelraum gegeben.

Der tägliche Anfall an Roh- und Überschussschlamm beträgt aktuell etwa 55 m³/d. Dieses Schlammgemisch hat eine Trockensubstanz von 2,8 %. Der Wassergehalt des Schlammes beträgt 97,2 %. Für die Bemessung der Klärschlammbehandlung wird von folgenden Daten ausgegangen:

Zulaufbelastung angeschlossene Einwohner	Aktuell: 21.500	Ausbaugröße der Kläranlage: 30.000
Schlammfall [m ³ /d]	55,00	76,74
Trockensubstanz [%]	2,80	2,80
Trockensubstanz [Mg/d]	1,54	2,15
organische Trockensubstanz [Mg/d]	1,00	1,40
mineralische Trockensubstanz [Mg/d]	0,54	0,75

2.3 Zusammensetzung des Rasteder Klärschlammes

Der Rasteder Klärschlamm wird regelmäßig auf seine Inhaltsstoffe hin untersucht. Neben den in der Landwirtschaft erwünschten Nährstoffen (Phosphor und Stickstoff) enthält der Schlamm organische und mineralische Stoffe, die sich positiv auf die Bodenstruktur auswirken. Dem Rasteder Klärschlamm wird nach



der Entwässerung Branntkalk zugegeben, der die Schlammstruktur verbessert und den pH-Wert auf über 12,0 ansteigen läßt. Dadurch wird der Schlamm hygienisiert und kann problemlos über einige Monate zwischengelagert werden. Limitierend bei der landwirtschaftlichen Verwertung wirken sich Schadstoffe aus, deren Höchstkonzentrationen in der Klärschlammverordnung festgelegt sind. In den vergangenen Jahrzehnten ist der Gehalt an Schadstoffen im Rasteder Klärschlamm kontinuierlich zurückgegangen. Am Beispiel „Cadmium“ wird deutlich wie stark die Schadstoffe zurückgegangen sind. Damit ist die landwirtschaftliche Verwertung zur Zeit uneingeschränkt möglich. Um die Akzeptanz der Abnehmer für den Klärschlamm weiter zu erhöhen erfolgen weitergehende Analysen auf der Grundlage der Düngemittelverordnung. Auch diese Grenzwerte werden sicher eingehalten (s. Grafik).

3 Alternativen zur Klärschlammbehandlung

3.1 Kalte Faulung

Bei der kalten Faulung wird der täglich anfallende Roh- und Überschussschlamm in einen Behälter gefördert in dem er 100 Tage gelagert wird und bei normalen Umgebungstemperaturen ausfault. Um die Größe des offenen Faulbehälters zu minimieren wird der Schlamm i.d.R auf einen Trockensubstanzgehalt von 5 - 6% eingedickt. Bei dieser Trockensubstanz ist der Schlamm noch pumpfähig. Auf der Kläranlage Rastede fallen täglich rd. 55 m³ Roh- und Überschussschlamm mit einer Trockensubstanz von 2,8% an. Angeschlossen sind derzeit rd. 21.000 Einwohnerwerte. Die Ausbaugröße der Kläranlage beträgt 30.000 Einwohnerwerte. D.h. für die Bemessung der Schlammbehandlung errechnet sich der Schlammanfall zu:

$$Q_{\text{Schlamm}} = 55 / 21.500 * 30.000 = 76,7 \text{ m}^3/\text{d}.$$

Nach der Eindickung auf 5,5% reduziert sich die tägliche Schlammmenge auf:

$$Q_{\text{Schlamm}} = 76,7 \text{ m}^3 * 2,8 / 5,5 = 39,0 \text{ m}^3/\text{d}$$

Bei der kalten Faulung wird für den Abbau der organischen Substanz eine Aufenthaltszeit von 150 Tagen benötigt. Wenn die organische Substanz abgebaut ist nennt man den Schlamm stabilisiert, d.h. er verändert sich durch biologische Reaktionen nicht mehr. Behälter für die kalte Faulung benötigen für den Schlammanfall ein Volumen von rd.

$$V_{\text{kalte Faulung}} = 39 \text{ m}^3/\text{d} * 150 \text{ d} = \mathbf{5.860 \text{ m}^3}.$$

Der Vorteil dieser Art der Schlammbehandlung liegt in der einfachen Verfahrenstechnik. Man benötigt eine maschinellen Schlammeindickung, den offenen Faulbehälter und eine Pumpe zur Förderung des Schlammes. Nach einer Lagerzeit von 150 Tagen ist der Schlamm ausgefault und kann weiterbehandelt werden. Die vorhandene Klärschlammmentwässerungsanlage sollte weiterbetrieben werden, um die Transportkosten bei der landwirtschaftlichen Verwertung zu minimieren.

Die Nachteile ergeben sich ebenfalls aus der einfachen Verfahrenstechnik. Über die offene Oberfläche des Faulbehälters gelangen kontinuierlich Geruchsstoffe in die Atmosphäre und können zu Geruchsbelästigungen führen. Diese Art der Schlammbehandlung wird daher nur für kleine Kläranlagen gewählt, die weit ab von Siedlungen liegen. Die kalte Faulung führt zu keiner nennenswerten Reduzierung der Trockensubstanz des Schlammes.

3.2 **Aerob thermophile Schlammbehandlung**

Bei diesem Prozeß wird der täglich anfallende Klärschlamm ebenfalls zunächst eingedickt um die nachfolgenden Anlagenteile auf ein Minimum reduzieren zu können. Der eingedickte Schlamm wird in einen Behälter gegeben in dem er 12 Tage verbleibt und ständig belüftet wird. Bei diesem Prozeß werden die im Schlamm enthaltenen organischen Inhaltsstoffe aerob abgebaut. Es entsteht Wärme, die den Schlamm auf Temperaturen von 50 - 60°C erhitzt. Bei diesen Temperaturen setzen sich thermophile Bakterien durch, die die organischen Bestandteile des Schlammes innerhalb von 10 Tagen mineralisieren. Nach der Behandlung ist der Schlamm hygienisiert und stabilisiert und kann landwirtschaftlich verwertet werden.

Vorteil dieser Behandlungsart ist der relativ geringe Raumbedarf mit entsprechend kleinen Reaktoren. Für den Rasteder Schlammanfall ergibt sich folgendes Reaktorvolumen:

Täglicher Schlammanfall = 39,0 m³/d (eingedickt)

$$V_{\text{Reaktor}} = 12 * 39,0 = 468 \text{ m}^3$$

Nachteile ergeben sich infolge des ständigen Eintrages an Luft. Hierfür sind leistungsstarke Gebläse nötig, die entsprechend hohe Energiekosten verursachen. Die anfallende Abluft ist mit Geruchsstoffen beladen und muß daher aufgefangen und behandelt werden. Probleme ergeben sich bei diesem Anlagen regelmäßig durch mehr oder weniger starke Schaumbildung auf der Schlammoberfläche. Dieser Schaum muß entfernt werden, da es schnell zu einem Über-

schäumen des Reaktors kommen kann. Hierfür wurden die verschiedensten Systeme entwickelt die den Schaum mechanisch zerstören sollen.

Der Einsatz der Energie für die Belüftung und Umwälzung des Schlammes, die Behandlung der Abluft und die Bekämpfung des Schaumes ergeben hohe Energie- und Wartungskosten. Eine Reduzierung der Trockensubstanz des Klärschlammes wird durch diese Behandlungsart nicht erreicht. Diese Art der Klärschlammbehandlung ist daher nur für kleine Kläranlagen geeignet.

3.3 Anaerobe mesophile Faulung

Bei diesem Behandlungsverfahren werden die organischen Inhaltsstoffe des Klärschlammes bei Temperaturen zwischen 35 - 40°C abgebaut. Der Prozess läuft ohne die Zugabe von Luft (Sauerstoff) innerhalb von rd. 30 Tagen ab. Wie bei den beiden vorgenannten Verfahren ist es auch hier sinnvoll das Schlammvolumen durch eine Schlammeindickung um die Hälfte zu verringern. Die nachfolgenden Anlageteile können dann entsprechend kleiner dimensioniert werden.

Um die organischen Stoffe weitestgehend abzubauen wird der Roh- und Überschussschlamm nach der Eindickung auf 5 - 6% Trockensubstanz auf 40°C aufgeheizt und dann in den Faulturm gegeben. Der gesamte Inhalt des Faulturmes muß ständig umgewälzt werden damit die biologischen Abbauprozesse optimal ablaufen können. Nach einer Aufenthaltszeit von 30 Tagen sind die organischen Inhaltsstoffe abgebaut.

Der Faulturm muß ein Volumen von:

$$V = 39,0 \text{ m}^3/\text{d} * 30 \text{ d} = 1.170 \text{ m}^3$$

haben. Der Klärschlamm ist nach dem Faulprozeß stabilisiert. Die organischen Verbindungen sind abgebaut und die verbleibende mineralische Trockensubstanz des Schlammes ist biologisch nicht mehr aktiv. Der Klärschlamm ist jetzt frei von Geruchsstoffen. Durch die Mineralisierung der organischen Stoffe verbessern sich die Entwässerungseigenschaften des Klärschlammes.

Bei dem Faulprozess entsteht als Reaktionsprodukt Methangas und Kohlendioxid in größeren Mengen. Dieses Gas kann nach entsprechender Reinigung und Aufbereitung in einem Blockheizkraftwerk verfeuert werden. Die entstehende Abwärme wird für die Aufheizung des täglichen Klärschlammanfalls auf die Faulraumtemperatur von rd. 40°C genutzt. Die elektrische Energie kann direkt auf der Kläranlage eingesetzt werden. Eine Einspeisung in das öffentliche Netz bringt keinen wirtschaftlichen Vorteil, da die Vergütung für Strom aus Klärgas unter dem Bezugspreis für Strom liegt.

3.4 Abgabe des Klärschlammes an den OOWV

Der OOWV hat der Gemeinde Rastede ein Angebot über die Abnahme, Behandlung und Verwertung des Klärschlammes gemacht. Das Angebot des OOWV zur Klärschlammübernahme gliedert sich in 2 Phasen auf. Der OOWV kann momentan nur den Primärschlamm der Kläranlage Rastede übernehmen. Sofern man dieses Angebot nutzen möchte ist es erforderlich den Klärbetrieb umzustellen, da der Klärschlamm derzeit nur in vermischter Form anfällt. Technisch ist eine Trennung in Primär- und Überschussschlamm möglich. Der Primärschlamm fällt im Vorklärbecken an. Er kann weiterhin im Schlammspeicher gesammelt und über einen neu zu installierenden Bandeindicker auf einen Trockensubstanzgehalt von 6% eingedickt werden. Problematisch ist die Tatsache, dass der eingedickte Primärschlamm nicht mit Branntkalk stabilisiert werden kann, da er im Oldenburger Faulturm biologisch weiterbehandelt werden soll. Von dem eingedickten Primärschlamm gehen Gerüche aus, die bei einer Lagerung über das Wochenende und an Feiertagen zu Belästigungen in den angrenzenden Siedlungsbereichen der Gemeinde Rastede führen können. Um dieses zu vermeiden wäre eine gekapselte Lagerung und Abluftbehandlung des eingedickten Primärschlammes erforderlich. Die Investitionskosten für die Schlammeindickung und die Abluftbehandlung betragen rd. 250.000 €.

Der anfallende Überschussschlamm wird separat in einem der vorhandenen alten Klärbecken gesammelt, anschließend entwässert und mit Branntkalk stabilisiert. Überschussschlamm hat sehr schlechte Entwässerungseigenschaften. Die Trockensubstanz dieses entwässerten Schlammes wird bei rd.15% liegen. Um den Schlamm zu stabilisieren ist etwa die 3-fache Zugabemenge an

Branntkalk gegenüber dem aktuellen Betrieb erforderlich. D.h. auch bei der halben Schlammmenge wird sich der Kalkverbrauch nicht reduzieren.

Dieses Angebot des OOWV bietet für die Kläranlage aus betrieblicher Hinsicht keinerlei Vorteile jedoch einige gravierende Nachteile und sollte daher nicht in Betracht gezogen werden.

Mit der Inbetriebnahme des neuen Faulturmes der Kläranlage Oldenburg kann der OOWV den gesamten Rasteder Klärschlamm übernehmen. Die Schlammbehandlung auf der Kläranlage kann so wie heute weiterbetrieben werden. Der einzige Unterschied ergibt sich bei der Entwässerung, die nur noch einen Trockensubstanzgehalt von 6% erreichen muß. Dieses ist nach einigen einfachen Umbaumaßnahmen an der Zentrifuge machbar. Es bleibt allerdings die Geruchsbelästigung die von dem eingedickten und nicht gekalkten Schlamm ausgeht. Eine Kapselung und Abluftbehandlung des Schlammagers ist in jedem Falle vorzusehen. Im Gegenzug entfällt die Zugabe von Branntkalk. Die Kosten für die Schlammbehandlung auf der Kläranlage Rastede werden sich daher insgesamt nur wenig verändern.

4 Bewertung der Alternativen zur Schlammbehandlung

4.1 Vergleich der Jahreskosten

Für die vorgestellten Verfahren zur Klärschlammbehandlung wurden die Investitionskosten und die Betriebskosten überschläglich ermittelt. In der folgenden Tabelle sind die Kosten gegenübergestellt:

	Kalte Faulung	aerob thermophile Schlammbehandlung	anaerobe mesophile Schlammbehandlung (Faulturm)
Investitionskosten	2,05 Mio €	1,78 Mio €	2,93 Mio €
Kapitaldienstkosten	152.376 €	134.284 €	242.076 €
Betriebskosten	63.630 €	115.414 €	16.868 €
<u>Jahreskosten</u>	<u>216.006 €</u>	<u>249.698 €</u>	<u>258.944 €</u>

Das **Angebot des OOWV** für die Übernahme, Behandlung und Verwertung des gesamten Rasteder Klärschlammes hat einen Einheitspreis von 34,00 €/m³. Bei einer jährlichen Klärschlammmenge von 11.000 m³ (mit 6% Trockensubstanz) ergeben sich für die Schlammbehandlung und Verwertung durch den OOWV Jahreskosten von $11.000 * 34 = \underline{374.000 \text{ €/Jahr}}$. Dieses ist die teuerste der untersuchten Varianten.

Die Investitionskosten sind bei der aerob thermophilen Schlammbehandlung am geringsten, da der Prozess gegenüber den beiden anderen Varianten wesentlich schneller abläuft und daher kleinere Reaktionsbehälter gebaut werden müssen. Der Bau eines Faulturmes ist die teuerste Variante, da der technische Aufwand relativ groß ist. Bei den Betriebskosten liegt der Faulturm jedoch klar in Führung, da nur bei dieser Variante die zu entsorgende Schlammmenge erheblich reduziert wird und damit Kosten für die Verwertung eingespart werden. Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe des Faulgases Energie erzeugt, dass die Betriebskosten deutlich reduziert. Dieser Vorteil wird mit steigenden Energiepreisen noch deutlicher.

4.2 Vorschlag für die zukünftige Klärschlammbehandlung

Bei den Varianten „kalte Faulung“ und der „aerob thermophilen Schlammbehandlung“ verringert sich die zu entsorgende Schlammmenge nicht wesentlich. Da die sichere Entsorgung des Klärschlammes von wesentlicher Bedeutung für den Betrieb einer Kläranlage ist, stellt jede Reduzierung der Schlammmenge auch eine betriebliche Verbesserung dar.

Die „kalte Faulung“ ist von der Verfahrenstechnik her eine sehr einfache Form der Schlammbehandlung. Der Klärschlamm wird nur maschinell eingedickt und lagert etwa ein halbes Jahr im Schlammbehälter. Danach kann der Schlamm entwässert und landwirtschaftlich verwertet werden. Problematisch ist die Geruchsentwicklung die von der Oberfläche der Schlammbehälter ausgeht.

Die „aerobe thermophile Schlammbehandlung“ ist technisch relativ aufwendig und für den Prozeß wird Luft benötigt, die permanent in den Schlamm eingetragten werden muß. Die Energie für diese Belüftung führt zu relativ hohen Betriebs-

kosten. Zukünftig werden diese steigen und das Verfahren kostenintensiver gestalten.

Durch den Bau eines Faulturmes lassen sich mehrere Vorteile erzielen. Die Reduzierung des zu entsorgenden Klärschlammes drückt langfristig die Entsorgungskosten. Die Verwertung des anfallenden Faulgases reduziert die Energiekosten schon heute deutlich. Dieser Vorteil wird künftig stärker ins Gewicht fallen. Der im Faulturm behandelte Klärschlamm kann sowohl in der Landwirtschaft verwertet werden als auch in einer Verbrennungsanlage. Für die Entsorgung stehen damit mehrere Wege zur Auswahl. Für die Kläranlage Rastede bietet sich daher der Bau eines Faulturmes an. Die Technik ist seit Jahrzehnten erprobt und sie bietet langfristig gute Perspektiven.

Aufgestellt:

Westerstede, den 30. Juli 2013

Ingenieurbüro Börjes

-Beratende Ingenieure-

Verzeichnis der Abkürzungen

Q_{Schlamm}	täglicher Schlammfall in [m ³ /d]
V	Volumen in [m ³]