

Überlegungen zum wirtschaftlichen Einsatz der anaeroben Schlammstabilisierung in Kläranlagen

Dr.-Ing. Dieter Schreff

Kontaktadresse:

Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie, Dr.-Ing. Schreff,
Am Buchhölzl 11, 83737 Irschenberg, eMail: kontakt@ib-schreff.de

Einleitung

Unter dem Begriff der „Faulung“ versteht man eine getrennte, anaerobe Behandlung des Rohschlammes, der bei der mechanischen und biologischen Abwasserreinigung anfällt. Die Faulbehälter werden i.d.R. mit einer Temperatur zwischen 36 und 38 °C (mesophil) betrieben. Die Aufgabe der Faulung ist es dabei

- (a) den Rohschlamm zu „stabilisieren“, d.h. den organischen Anteil möglichst weit abzubauen, um eine Lagerfähigkeit zu erreichen
- (b) den Klärschlammanfall dadurch insgesamt zu reduzieren, und
- (c) durch den Abbau des Rohschlammes Klärgas als Primärenergiequelle zu produzieren.

Alternativ zu einer Faulung können die Aufgaben (a) und (b) auch durch eine sog. simultane, aerobe Schlammstabilisierung in einer Belebungsstufe übernommen werden. Statt der Gewinnung von Klärgas muss hierfür jedoch zusätzliche Energie (Belüftung) eingesetzt werden.

Die getrennte aerobe Stabilisierung (thermophil wg. Selbsterwärmung) konnte sich aufgrund des hohen Energieverbrauchs und der Geruchsproblematik nicht durchsetzen. Auch die unbeheizte (offene), getrennte anaerobe Stabilisierung ist heute in unserem Raum nicht mehr zu finden (Geruchsproblematik).

Bei Kläranlagen unter 10.000 EW stellt die getrennte anaerobe Stabilisierung die Ausnahme dar. Für Anlagen über 20.000 EW wird im deutschsprachigen Raum die Faulung als das Mittel der Wahl angesehen. Im Größenbereich zwischen 10.000 und 20.000 EW gehen die Meinungen über die wirtschaftliche Anwendbarkeit auseinander.

Überlegungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit einer Faulung (=getrennte, anaerobe Schlammstabilisierung) konzentrieren sich oftmals nur auf die Ausbaugröße einer Kläranlage. Für Anlagen bis zu einer Ausbaugröße von etwa 10.000 EW wird i.d.R. die simultane, aerobe Schlammstabilisierung propagiert. Im Ausland kommt die simultane, aerobe Schlammstabilisierung auch für sehr große Anlagen (> 100.000 EW) nach wie vor zum Einsatz. Allerdings ist hier auch die Frage zu klären, ob das anfallende Klärgas wirtschaftlich verwertet werden kann, und wie der anfallende Klärschlamm entsorgt wird.

Im Folgenden sollen die Einflußgrößen auf die Wirtschaftlichkeit einer Faulung im Vergleich zur simultanen, aeroben Schlammstabilisierung beleuchtet werden.

Wechselwirkungen zwischen Abwasserreinigung und Schlammbehandlung

Bei früheren Betrachtungsweisen stand die Abwasserreinigung im Mittelpunkt einer Kläranlage. Die Bausteine „Schlammbehandlung“, „Reststoffentsorgung“ und „Energie“ galten hier oftmals nur als Randbedingungen. Heute werden verstärkt die Wechselwirkungen zwischen all diesen Bausteinen des Gesamtsystems „Kläranlage“ betrachtet (Bild 1).

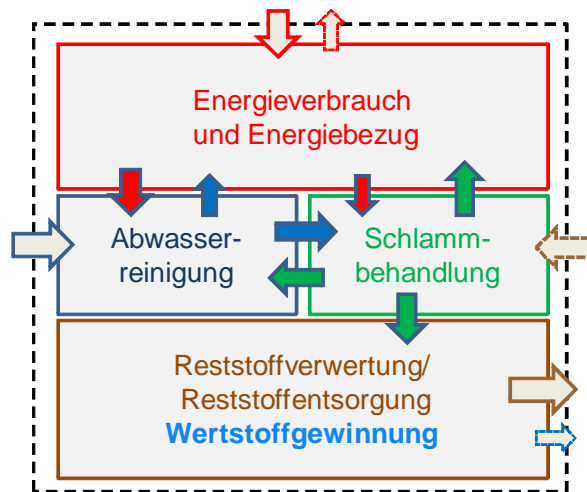


Bild 1: Schematische Darstellung aller Elemente mit Stoffflüssen und Wechselwirkungen innerhalb des Bilanzraums „Kläranlage“

Beispielhaft sei die Rückbelastung aus der Schlammmentwässerung erwähnt. Aber auch die Aspekte „Energie/Gaserzeugung“ und „Reststoffverwertung/-rückgewinnung“ haben enorm an Bedeutung gewonnen und müssen daher in die gesamtwirtschaftlichen Überlegungen mit einbezogen werden.

Schlammfall und Gasproduktion aus Abwasser

Der Schlammfall (Rohschlamm) setzt sich aus dem Primärschlamm aus der Vorklärung und dem Überschussschlamm aus der Nachklärung zusammen. Unabhängig von regionalen und lokalen Randbedingungen hinsichtlich der Abwasserzusammensetzung gilt:

- Der Primärschlammfall hängt von der Aufenthaltszeit in der Vorklärung und damit vom Wirkungsgrad der Feststoffabtrennung ab ($30 - 40 \text{ g}_{\text{TS}}/\text{EW} \times \text{d}$).
- Der Überschussschlammfall hängt vom Wirkungsgrad in der Vorklärung und vom (tatsächlich vorhandenen) Schlammalter in der Belebung ab. Der spezifische Schlammfall sinkt mit steigendem Schlammalter (DWA, 2004): $30 - 45 \text{ g}_{\text{TS}}/\text{EW} \times \text{d}$ bei getrennter Schlammstabilisierung bzw. $55 - 60 \text{ g}_{\text{TS}}/\text{EW} \times \text{d}$ bei simultaner Schlammstabilisierung (ohne Vorklärung!).

Der Primärschlamm ist aufgrund seiner Zusammensetzung wesentlich energiereicher (höherer oTR-Anteil und höheres CSB/oTR-Verhältnis) und in der Faulung leichter verwertbar als Überschussschlamm. Dies spiegelt sich auch in der spezifischen Gasproduktion wieder, die aus dem CSB/oTR-Verhältnis und dem oTR-Anteil für eine gut funktionierende Faulung wie folgt berechnet werden kann:

Primärschlamm: 13,5 – 18,5 I_N/EW x d *)

Überschußschlamm: 6,5 – 8,0 I_N/EW x d *)

*) mit 350 I_N/kg_{CSB} und 65% Methan(CH₄)-Anteil

Umgerechnet entspricht der spezifische Gasanfall etwa 400 bis 500 I_N/kg_{oTR,zugeführt} bzw. etwa 800 bis 1.000 I_N/kg_{oTR,abgebaut} (bei einem oTR-Abbau von 45 bis 50 %).

Eine effektive Nutzung des Gasgewinnungspotenzials im Abwasser setzt folglich eine gute Vorklärung voraus. Eine Konsequenz, die im Zuge der Maßnahmen zur Nährstoffelimination in den letzten Jahren in den Hintergrund geraten ist. Man findet auch bei größeren Anlagen mit getrennter anaerober Schlammstabilisierung oft kleine Vorklärbecken. Damit wird zwar ein günstigeres N/CSB-Verhältnis für die Denitrifikation erreicht, dies hat aber auch einen Rückgang der Gasproduktion zur Folge.

Energie aus Abwasser

In Summe können somit etwa 20 bis max. 25,5 I_N/EW x d bzw. 7 bis max. 11 m³_N/EW x a aus den organischen Inhaltsstoffen im Rohabwasser mittels einer gut funktionierenden Faulung (mit 15 bis 25 Tagen Aufenthaltszeit) produziert werden.

Die Stromproduktion berechnet sich mit:

Stromproduktion = Gasmenge x Heizwert Faulgas x Gasnutzung x Wirkungsgrad BHKW

Stromproduktion: kWh/EW x a

Gasmenge: 7,0 – 11,0 m³_N/EW x a

Heizwert Faulgas: 6,4 kWh/m³ (zum Vergleich: Erdgas ca. 10 kWh/m³)

Gasausnutzung: 80 – 99 % (= Gasanfall abzgl. Fackelverluste)

Wirkungsgrad BHKW: 32 - 38 %

Je nach Gasnutzungsgrad und elektrischem Wirkungsgrad eines BHKWs können daraus zwischen 15 und 20 kWh/EW x a Eigenstrom erzeugt werden. Legt man einen mittleren Gasnutzungsgrad von 90 % und einen elektrischen Wirkungsgrad von 35 % zugrunde, so ergibt sich ein Wert von 18 kWh/EW x a für die potenzielle Eigenstromerzeugung auf einer Kläranlage mit Faulung. Dies entspricht einem guten Kennwert für die Verstromung von Faulgas von 2,0 kWh/m³_N, bei optimalen technischen Voraussetzungen können hier maximal 2,4 kWh/m³_N erreicht werden. Bei der gesamten energetischen Nutzung ist die zusätzlich gewonnene Wärme hinzu zu rechnen.

Vergleicht man nun den diesen Energiegewinn mit dem Strombedarf von Kläranlagen (UBA, 2006), so ergeben sich folgende Zusammenhänge (Bild 2).

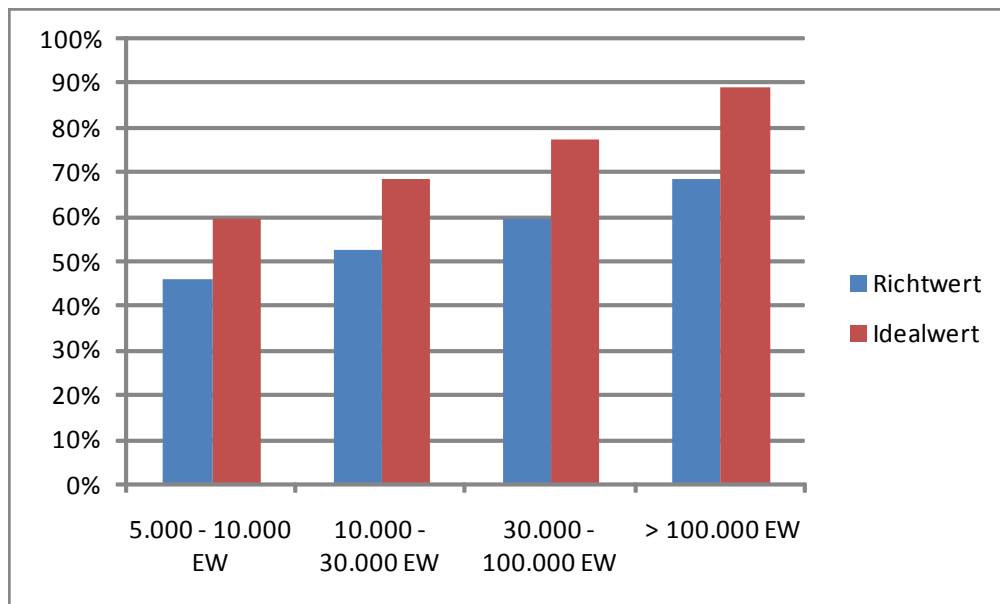


Bild 2: Anteil der Eigenstromerzeugung bezogen auf typische Energieverbräuche von Kläranlagen unterschiedlicher Größenklasse (nach UBA, 2006)

Eine vollständige Abdeckung des elektrischen Energiebedarfs ist somit auch bei ganz großen Anlagen nicht ohne Weiteres möglich. Hier sind zusätzliche externe Quellen (Fremdschlämme oder Co-Substrate) und eine energieoptimierte Fahrweise nötig.

Bei Anlagen mittlerer Größe (10.000 EW bis 100.000 EW) ist die Abdeckung von rund 50 % des elektrischen Energiebedarfs durchaus möglich. Während dies bei kleineren Anlagen (unter 10.000 EW) bereits eine sehr weitreichende Energieoptimierung voraussetzen würde.

Vergleich simultane aerobe Schlammstabilisierung und getrennte anaerobe Schlammstabilisierung

Anlagenkonzeption (Bild 3 und Bild 4)

Eine Kläranlage mit simultaner, aerober Schlammstabilisierung unterscheidet sich in der Anlagenkonzeption deutlich von einer Anlage mit getrennter anaerober Stabilisierung (Faulung).

Bei einer getrennten anaeroben Schlammstabilisierung ist nahezu proportional zum erforderlichen Schlammalter (t_{TS} ca. 10 bis 18 d, gemäß DWA-Arbeitsblatt A 131 je nach Ausbaugröße, etc.) weniger Belebungsbeckenvolumen V_{BB} erforderlich, als bei der simultanen aeroben Schlammstabilisierung mit einem Schlammalter von 25 Tagen (Bemessungswert). Dafür ist bei Anlagen mit getrennter anaerober Schlammstabilisierung sinnvollerweise immer ein Vorklärbecken vor der biologischen Stufe zu platzieren.

Im Bereich der Schlammbehandlung ist bei Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung meist nur eine Schlammspeicherung mit statischer Eindickung und Trübwasserabzug vorhanden. Eine separate Schlammmentwässerung ist auch hier möglich.

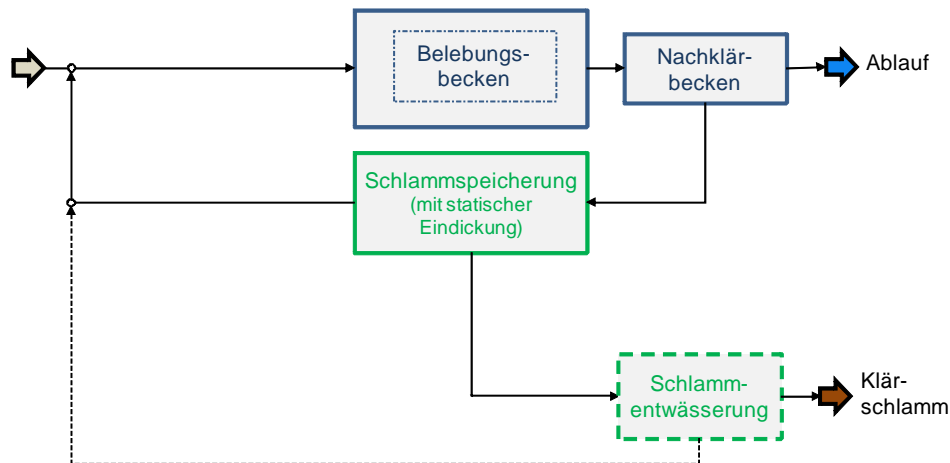


Bild 3: Schematische Darstellung einer Kläranlage mit simultaner aerober Schlammstabilisierung (simultane aerobe Schlammstabilisierung)

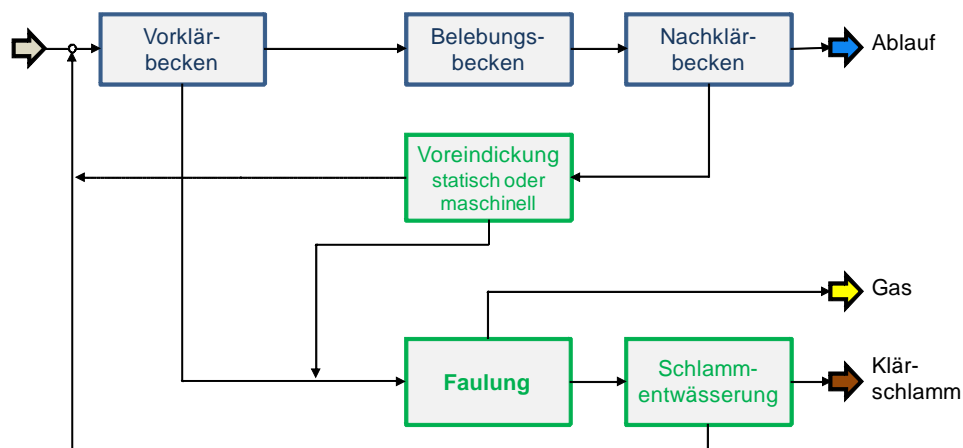


Bild 4: Schematische Darstellung einer Kläranlage mit getrennter anaerober Schlammstabilisierung (getrennte anaerobe Schlammstabilisierung)

Bei der getrennten anaeroben Schlammstabilisierung wird der organische Teil des Rohschlammes durch die Prozesse - *Hydrolyse, Versäuerung, Acetogenese und Methanogenese* - in Faulgas umgewandelt. Dabei wird der eingebaute Stickstoff als Ammonium wieder freigesetzt und gelangt mit dem Zentrat oder Filtrat aus der Schlamm-entwässerung in den Behandlungskreislauf zurück. Diese Rückbelastung erhöht die N-Zulaufkonzentration i.d.R. um 15 bis 20 %, wobei hier oft Spitzenbelastungen auftreten können. Aus diesem Grund ist mindestens eine Speicherung und gleichmäßige Zugabe empfehlenswert. Bei ungünstigen Randbedingungen (z.B. hohes N/BSB₅-Verhältnis im Rohabwasser) ist sogar eine getrennte Behandlung im Nebenstrom empfehlenswert.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch wird im Wesentlichen durch die Belüftung bestimmt. Bei der simultanen aeroben Schlammstabilisierung ist der Belüftungsaufwand aufgrund des höheren Schlammalters immer größer als bei getrennter anaerober Schlammstabilisierung. Hier macht die Nitrifikation den größten Teil des Sauerstoffbedarfs aus.

Klärschlammanfall

Auch der Klärschlammanfall ist bei Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung noch um rund 20 % höher als bei der getrennten anaeroben Schlammstabilisierung. Durch den besseren oTR-Abbau in der Faulung wird die Feststofffracht von etwa $72,5 \text{ g}_{\text{TR}}/\text{EW} \times \text{d}$ um ein Drittel auf ca. $45 \text{ g}_{\text{TR}}/\text{EW} \times \text{d}$ reduziert, während bei der simultanen aeroben Schlammstabilisierung rund $56 \text{ g}_{\text{TR}}/\text{EW} \times \text{d}$ zu entsorgen sind.

Neben der Mengenreduzierung wird mit einer Faulung i.d.R. aber auch ein besserer Stabilisierungsgrad erreicht, der sich im geringeren oTR-Anteil im Klärschlamm ausdrückt ($\text{GV} < 50 \%$). Dies ist ein Vorteil bei der stofflichen Verwertung des Klärschlammes, da eine gute Lagerfähigkeit benötigt wird (Geruchsverminderung). Für die thermische Verwertung stellt dies eher einen Nachteil dar, weil der Heizwert des Klärschlammes verringert wird.

Auf sehr großen Anlagen ($> 500.000 \text{ EW}$) wurden bereits Konzepte ohne Faulung realisiert (z.B. HKA Wien, KA Ulm). Hier erfolgt eine Direktverbrennung des Rohschlammes nach Entwässerung, Vortrocknung und die Stromgewinnung in einer Dampfturbine.

Überlegungen zum Bau und Betrieb einer Faulung

Bei Anlagen mit getrennter anaerober Schlammstabilisierung ist der gesamte Bereich der Faulung samt der zugehörigen Peripherie bestehend aus Umwälzung, Beheizung, Gasaufbereitung (z.B. Filter, Entschwefelung), Gasspeicherung und Gasnutzung (z.B. BHKW) zu betrachten (Bild 5).

Oftmals wird eine weitergehende Überschussschlammeindickung (statisch oder maschinell) eingesetzt, um das Faulbehältervolumen zu reduzieren. Üblicherweise beträgt das erforderliche spezifische Faulbehältervolumen zwischen 25 und $45 \text{ I}_{\text{FB}}/\text{EW}$ (abhängig von der Ausbaugröße der Kläranlage bzw. der rechnerischen Verweilzeit in der Faulung).

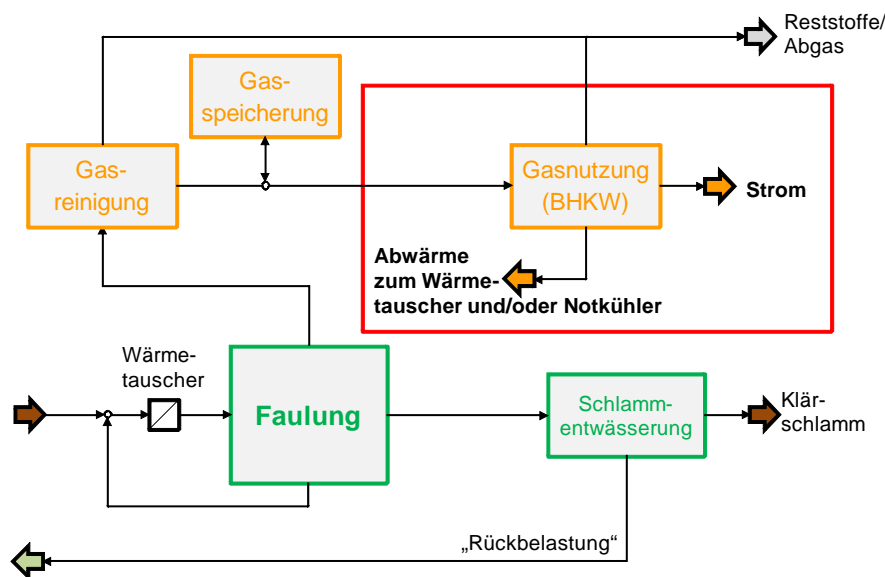


Bild 5: Schematische Darstellung der Schlamm- und Gasbehandlung/-nutzung einer Kläranlage

Je nach Bauform und Ausrüstung eines Faulbehälters liegen die spezifischen Investitionskosten für einen „klassischen“ Faulbehälter (z.B. Eiform) bei 800 bis 1.000 €/m³. Bei einfacher Konzeption und Bauweise (Zylinderform, beheizt in Leichtbauweise) sind auch geringere spezifische Investitionskosten von 600 €/m³_{FB} erreichbar.

Die einfachsten Konzeptionen und Bauweisen, wie sie vergleichsweise bei Biogasanlagen (Stahlbetonbehälter mit Membranabdeckungen, o.ä.) vorzufinden sind, kommen bei Kläranlagen bisher nicht zur Anwendung. Die hier anzuwendenden Regelwerke geben höhere Ausrüstungsstandards vor.

Eine Gasspeicherung wird vorgesehen, um Schwankungen beim Gasanfall abzufuffern bzw. an den Bedarf anzupassen. Bei kleineren Anlagen kann der Gasanfall, bedingt durch diskontinuierliche Faulraumbeschickung, stark schwanken. Ein vollständiger Ausgleich würde große Speichervolumina erfordern; wirtschaftlicher ist es das Speichervolumen für (Stunden-)Spitzen beim Gasanfall auszulegen. Aus diesem Grund werden die Aggregate (BHKW) oft für einen „oberen“ Gasanfall ausgelegt. Die Maschinen laufen dann, wenn eine ausreichende Menge Klärgas vorhanden ist.

Auf Grundlage einer Datenerhebung wird mittels einer Simulationsrechnung über einen oder zwei Jahreszyklen berechnet, wie sich unter Ansatz eines gegebenen/bestimmten Speichervolumens bei steigender Verwertungskapazität in den BHKW's die Fackelverluste bzw. die Motorennutzungsgrade verändern. Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann die geeignete BHKW-Kapazität berechnet werden (siehe folgende Beispielgrafik, Bild 6).

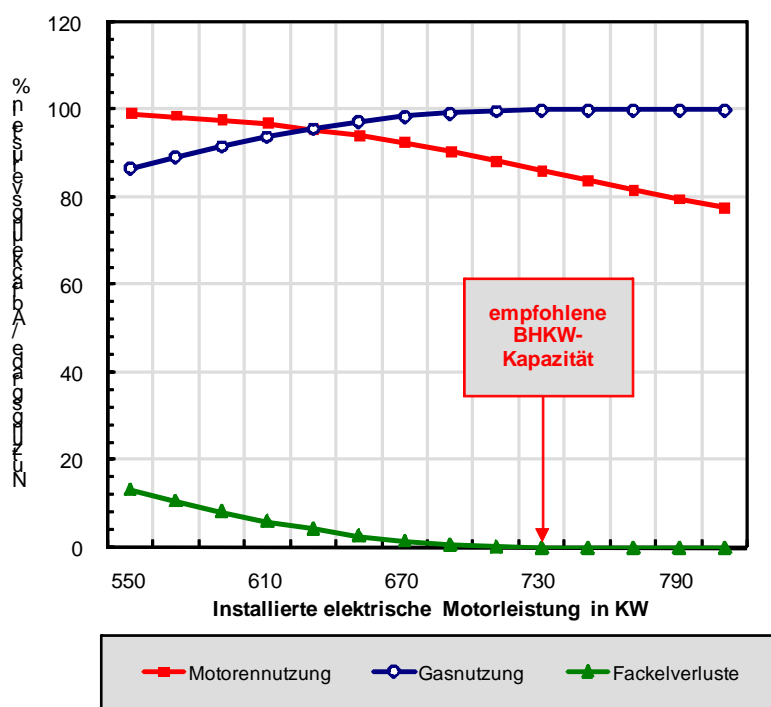


Bild 6: Rechnerische Ermittlung der optimalen BHKW-Kapazität (Beispiel für Kläranlage mit 275.000 EW)

Deutlich schwieriger wird diese Festlegung für kleinere Kläranlagen mit stärkeren Belastungswechseln und geringerem Gasanfall, auch wenn sich hier zunehmend ein Markt für kleine BHKWs (z.B. in Containerbauweise) entwickelt. Bisher war ein Dauerbetrieb hier

eher eine Seltenheit. Oft werden diese Aggregate nur tagsüber während der Arbeitszeit betrieben.

Die Wirtschaftlichkeit der Gasverwertung hängt nicht nur vom baulichen Aufwand ab, sondern auch mit dem Wartungs- und Instandhaltungsaufwand. Aufgrund der im Klärgas enthaltenen Begleitstoffe sind - nach Gasbeschaffenheit – regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an einem BHKW erforderlich (z.B. Motorölwechsel alle 500 bis 800 Betriebsstunden). Bei kleinen Anlagen (bis 50 kW elektrisch) kann dies oft vom Betreiber in Eigenleistung abgewickelt werden, bei größeren BHKW-Anlagen werden i.d.R. entsprechende Wartungsverträge abgeschlossen.

Die in einem Gasmotor ebenfalls anfallende Wärme wird i.d.R. größtenteils für die Aufheizung der Faulung bzw. für die Gebäudeheizung (im Winter) genutzt. Da die Faulbehälter nicht ständig Wärme benötigen, wird zusätzlich eine Notkühlung benötigt.

Für eine belastbare Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen der Bau und die laufenden Kosten weiterer Einrichtungen wie Beheizung und Gasreinigung (Entschwefelung, Siloxanentfernung) berücksichtigt werden.

Auch der Personalaufwand für den Betrieb und die Wartung der der Faulung muss beachtet werden. Der zusätzliche monatliche Aufwand für eine Faulung und der zugehörigen technischen Einrichtungen beträgt etwa acht bis zehn Stunden pro Monat (nach DWA-Merkblatt M 271). Im Vergleich zu einer Anlage mit simultaner aerober Schlammstabilisierung dürfte sich der Arbeitsaufwand bei zwei Mitarbeitern – wie für Anlagen zwischen 10.000 und 20.000 EW üblich – jedoch deutlich erhöhen.

Schlussfolgerungen

Die Minimierung des Energieverbrauchs und Schlammanfalls sind verpflichtend im Sinne einer wirtschaftlichen Betriebsführung einer Kläranlage. Aber – die Abwasserreinigung und die Schlammbehandlung sind primäre, ureigenste Aufgaben einer Kläranlage. Sie müssen immer im Vordergrund bleiben.

Die Umrüstung von Anlagen mit mittlerer Ausbaugröße (ab 10.000 EW) von simultaner aerober auf getrennte anaerobe Schlammstabilisierung, z.B. im Zuge von Erweiterungs- oder Modernisierungsmaßnahmen, erfordert eine umfassende und „ehrliche“ Betrachtung der Wirtschaftlichkeit. Bei Kläranlagen unter 10.000 EW ist eine Faulung bei derzeitigen Randbedingungen kaum wirtschaftlich zu betreiben.

Maßgeblich sind die Gesamtkosten aller zugehörigen Einrichtungen über die Nutzungsdauer („Life-Cycle-Cost-Betrachtung“). Die Vorteile einer Faulung liegen in der Möglichkeit zur Eigenstromerzeugung und der Reduzierung des Klärschlammaufkommens. Nachfolgend ist ein stark vereinfachter, beispielhafter Kostenvergleich für eine Anlage mit einer Ausbaugröße von 10.000 EW dargestellt.

Die jährliche Ersparnis durch Eigenstromerzeugung (ca. 30.000 €) und durch reduzierte Klärschlamm Entsorgung (ca. 7.500 €) ist mit folgenden Aufwendungen zu vergleichen:

Die Investitionskosten für eine einfache Faulung (mit $V_{FB} = 300 \text{ m}^3$) samt der zugehörigen technischen Einrichtungen (ohne Speicher) betragen mindestens 500.000 €. Rechnet man

diese Summe auf eine mittlere Nutzungsdauer von 20 Jahren um (ohne Verzinsung und Reinvestitionskosten), so ergibt sich ein Wert von 25.000 € p.a.. Dazu kommen externe Wartungskosten von etwa 5.000 € p.a., so dass sich Jahreskosten von etwa 30.000 € ergeben. Die tatsächliche Ersparnis beträgt folglich im besten Fall rund 7.500 € p.a., wobei hier der zusätzliche Aufwand für das Betriebspersonal und weitere Kapitalkosten (z.B. Prozesswasserspeicher) nicht angesetzt wurden.

Das einfache Beispiel zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit einer Faulung für Anlagen mit mittlerer Ausbaugröße (ab 10.000 EW) bei reduziertem Ausrüstungsstandard und günstigen Randbedingungen möglich ist.

Bei größeren Anlagen mit bereits vorhandener Faulung sind eine Reihe von Maßnahmen zur energetischen Optimierung möglich:

Betriebsweise der Abwasserreinigung

Im Betrieb erreichen Kläranlagen nur selten die Ausbaubelastung. Die Belebungsstufe wird trotzdem mit mindestens dem geplanten TS-Gehalt betrieben. Folglich erhöht sich das Schlammalter, dies führt einerseits zu einer Verringerung der anfallenden oTR-Frachten, und damit auch zu einer geringeren Gasausbeute. Dies erfordert aber gleichzeitig einen vermehrten Energieeinsatz bei der Belüftung und verzerrt die Energiebilanz.

Sinnvoller ist es, das Schlammalter nur so hoch einzustellen (über TS-Gehalt), wie es für sichere Nitrifikation und Denitrifikation erforderlich ist. Wird eine Umfahrung der Vorklärung betrieben, um das Nährstoffverhältnis zu verbessern, sollte das tatsächliche Verhältnis (N:BSB₅) und die Auswirkung auf die Denitrifikation, aber auch auf die Nitrifikation, überprüft werden. Eine Betriebsweise ohne Vorklärung (Verzicht auf Primärschlamm) kann für Anlagen mit Faulung keinesfalls empfohlen werden.

Co-Vergärung

Bei ungenutzten Faulraumkapazitäten und der zugehörigen Peripherie eignen sich große Kläranlagen aufgrund der vorhandenen Infrastruktur (Anfahrtsstraßen, Abwasserbehandlung, etc.) gut als Behandlungsort für bestimmte organische Substrate und Fremdschlämme.

Die Mitbehandlung ist Stand der Technik (DWA-M 372 „Biogasanlagen“, DWA-M 380 „Co-Fermentation“, etc.). Die Genehmigungsverfahren sind (noch) uneinheitlich.

Die Annahme von Co-Substraten und Nassschlamm anderer Kläranlagen erfordert bestimmte Voraussetzungen (Annahmestation, Kenntnis der Herkunft, Schadstoffgehalt und Zusammensetzung der Schlämme, etc.). Wichtig ist eine zu erwartende Mindestgasproduktion von 250 l_{CH₄}/kg_{oTR, zu} und ein geringer Stickstoffgehalt.

Inzwischen nutzen auch Anlagen mittlerer Ausbaugröße die Möglichkeit zur Annahme von Co-Substraten (Speisereste, Fettabscheiderinhalte, Flotatschlämme, etc.) in der Faulung.

Betriebsweise der Faulung

Eine vollständige Durchmischung des Faulbehälterinhalts verbessert die Gasausbeute durch Verbesserung des Stoff- und Wärmetransports, den Gasaustrag und wirkt Störungen entgegen (z.B. Ausgleich von Stoßbelastungen). Ein kontinuierliche Umwälzung, insbesondere während der Beschickungsphasen, ist daher unbedingt erforderlich. Faulbehälter müssen als volldurchmischte Reaktoren und nicht als Eindicker (mit Trübwasserabzug) betrieben werden. Heute ist der total durchmischte Faulbehälter unbestritten (ATV-Handbuch Klärschlamm, 1996).

Immer wieder findet man Kläranlagen, auf denen die Faulraumtemperaturen unter 37°C gefahren werden. Die Ursache liegt oft in fehlerhaften Heizungsregelungen, o.ä.. Sinnvoll ist es, das Temperaturniveau möglichst hoch fahren ($T > 38\text{ °C}$), auch dies verbessert die stoffliche Umsetzung und damit die Gasausbeute. Natürlich setzt dies auch eine gute Isolierung der Faulbehälter voraus.

Eine gleichmäßige, über 24-Stunden verteilte und angepasste Beschickung verbessert die Gasausbeute und verhindert unkontrolliertes Schäumen des Faulbehälters. Übliche Kennwerte für die Faulraumbeschickung sind $2,0\text{ kg}_{\text{OTR}}/\text{m}^3 \times \text{d}$ für mittlere Anlagen und bis $3,0\text{ kg}_{\text{OTR}}/\text{m}^3 \times \text{d}$ für größere Anlagen.

Für einen weitergehenden Aufschluß des Überschussschlammes wird seit längerem die Desintegration (= Zerstörung von Zellen durch mechanische, thermisch, chemische oder elektrische Verfahren) propagiert. Insbesondere dann, wenn keine ausreichenden Kapazitäten in der Faulung vorhanden sind. Je nach Einzelfall ist auch hier die Wirtschaftlichkeit zu überprüfen, da eine Desintegration hohe technische Aufwendungen und Investitionen erfordert. Auch die Auswirkungen auf den Betrieb (u.a. erhöhte Rückbelastung) sowie ein erhöhter Energie- und Personalaufwand müssen in einem Kostenvergleich berücksichtigt werden.

Literatur

Wolf, P. (1981) Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der Faulgasverwertung auf Kläranlagen, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

DWA (2004) Klärschlammfall und Bemessungsansätze („neue erweiterte Schlammliste“), in: Korrespondenz Abwasser, 2004 (51), Nr. 12

Meyer, H., Biebersdorf, N. (2008) Schlammfäulung oder simultane aerobe Stabilisierung? Tuttahs & Meyer Ingenieurgesellschaft mbH, Bochum

Svardal, K. (2007) Die Wechselwirkungen zwischen Klärschlammbehandlung/-behandlung, Abwasserreinigung und die Energiebilanz von Kläranlagen, in: Klärschlammbehandlung – heute und morgen, ÖWAV-Seminar, Wels, November 2007

Steinle, E., Carozzi, A. Schreff, D. (2008) Alternativen zur landwirtschaftlichen Klärschlammbehandlung, in: DWA Landesverband Bayern, Nürnberger Wasserwirtschaftstag, Juni 2008

UBA (2006) Steigerung der Energieeffizienz von Kläranlagen, Forschungsbericht (UFOPLAN-Nr. 20526307), Dessau, November 2006