

Erhöhte Biogasproduktion bei Einsatz der C-N-P – Strategie

Das Öko-Kraftwerk Kläranlage

Leistungssteigerung des Faulturms

- mehr Biogas durch höheren C-Gehalt des Belebtschlamm
- höhere Ausbeute durch zusätzlichen Fermentationskatalysator

Verbesserung der Betriebsbedingungen

- bessere Entwässerbarkeit des Faulschlamm
- geringere Rücklösung von N- und P-Verbindungen

Kosteneinsparung

- weniger Faulschlamm
- bessere Entwässerbarkeit
- höhere Gasausbeute

Die C-N-P – Strategie ist eine innovative Verfahrenstechnik zur Optimierung und Kostensenkung von Belebtschlammanlagen¹. Unter Zugabe eines Hilfsmittels aus der ENTEC-Serie modifiziert sie die Betriebsführung der Anlage dergestalt, dass ein geringerer Teil des im Abwasser enthaltenen Kohlenstoffs veratmet wird, mithin ein größerer Anteil C in den Schlamm gelangt. Hieraus resultiert einleuchtenderweise eine höhere Biogasproduktion. Eine zusätzliche Ausbeutesteigerung sowie Verbesserung der Faulungsbedingungen bringt der Zusatz des Fermentationskatalysators ENTEC FK200. **Damit kann die Kläranlage in erheblichem Ausmaß die ökologisch vorteilhafte (und staatlich geförderte) Erneuerbare Energie erzeugen.**

ENERGIEVERBRAUCH – GAS AUSBEUTE – ENERGIEERZEUGUNG

Kläranlagen – gleich welchen Verfahrens – haben das Ziel, einen möglichst großen Anteil der Inhaltsstoffe des Abwassers zu entfernen – im wesentlichen die chemisch gebundenen Elementen C, N und P, die auch das Reinigungsziel definieren. Der Austrag erfolgt über den Gaspfad (C und N) sowie über den Schlammfad (C, N und P).

Die konventionelle Belebungsanlage realisiert den überwiegenden Teil des C-Austrags (50 – 65 %) als CO₂ über den Gaspfad und einen geringeren Teil (20 – 35 %) über den Überschussschlamm. Demgegenüber sind die Verhältnisse bei Einsatz der C-N-P – Strategie annähernd umgekehrt. Der überwiegende Teil des Kohlenstoffs (60 – 80 %) wird – vorwiegend als Biomasse und Nahrungsreserve – in den Schlamm eingetragen, nur noch 10 – 30 % des Kohlenstoffverlusts erfolgt als CO₂. Neben Vorteilen für Schlammigenschaften und Reinigungsleistung (s. OKOBRIEF No.1) hat dies vor allem erhebliche Vorteile in der Energiebilanz der Kläranlage:

Die Realisierung des Kohlenstoffverlusts als CO₂ erfolgt stets unter hohem Sauerstoffeintrag, mithin entsprechend hohem Energieverbrauch. Umgekehrt steht für die Energieerzeugung aus Biogas nur der Kohlenstoffanteil zur Verfügung, der nicht veratmet, sondern unmineralisiert in den Schlamm transportiert wird. Jede Verminderung des Austrags als CO₂ hat somit zwei Effekte auf die Energiebilanz des Verfahrens:

1. Verminderung des Energieverbrauchs
2. Erhöhung der Energieerzeugung

Bekanntermaßen wird jedoch nur ein relativ geringer Anteil des Organikgehalts des Klärschlammes im Faulraum abgebaut (30 – 60 % des oTS), woran sich auch bei Erhöhung des oTS-Anteils prinzipiell nichts ändert. Die Gasausbeute erhöht sich also in etwa proportional mit Erhöhung des Gehalts an organischem Kohlenstoff im Schlamm, nach wie vor muss jedoch davon ausgegangen werden, dass ein beträchtlicher Teil des Organikgehalts sich der Umsetzung zu Methan entzieht und somit für die Energieerzeugung nutzlos bleibt. Weitere Nachteile des unvollkommenen Abbaus sind ein relativ geringer Stabilisierungsgrad des Schlammes sowie oft unbefriedigende Entwässerungseigenschaften.

Die Ursachen für die geringe Abbaurate des Organikanteils werden zumeist im erschwerten Abbau von hochmolekularem Substrat bzw. der Zellstruktur gesehen. Es gibt daher eine Reihe von Ansätzen mit dem Ziel, die Ausnutzung des Klärschlammes zur Gaserzeugung zu verbessern und den Stabilisierungs- und Entwässerungsgrad des Schlammes zu erhöhen². Im allgemeinen ist dabei das Bestreben, durch mechanische, thermische oder chemische Einwirkung die Zellstruktur der Mikroorganismen aufzubrechen und Makromoleküle abzubauen, um sie damit dem Abbau besser zugänglich zu machen. Das Ziel der höheren Gasausbeute (sowie des geringeren Faulschlammfalls) wird dabei oft durch Nachteile unterschiedlichen Ausmaßes erkauft:

- zusätzlicher Energieeinsatz, der das angestrebte Resultat der höheren Gas- und Energieausbeute wieder mindert
- zusätzlicher apparativer Aufwand
- durch die Desintegration des Schlammes ebenso Freisetzung der anderen Komponenten der Biomasse, namentlich Stickstoff und Phosphor, die dann mit dem Filtrat wieder in die Anlage gelangen und oft zu erheblichen Rückbelastungen mit entsprechenden Einwirkungen auf die Ablaufqualität führen.

VERBESSERUNG DER GAS AUSBEUTE

Experimentell konnte auf einer Reihe von Kläranlagen gezeigt werden, dass durch Zusatz von ENTEC FK200 eine beträchtliche Erhöhung der Gasausbeute erzielt werden kann, die über den Kohlenstoffgehalt des Produktes hinausgeht. ENTEC FK200 besteht aus fein granuliertem Stroh ohne weitere Zusätze.

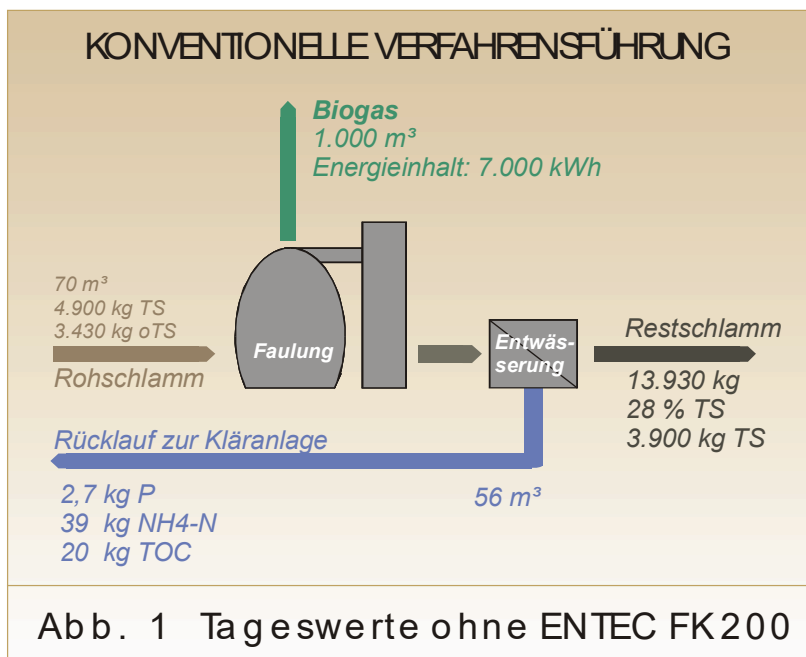
Ohne dass bisher detaillierte Untersuchungen der Reaktionswege durchgeführt worden wären, kann von folgender Annahme ausgegangen werden:

Der Organikanteil des Klärschlammes besteht zum überwiegenden Teil aus eiweißhaltigen Substanzen und bewirkt mit dieser „einseitigen“ Struktur eine Limitierung des Abbaus. Der Zusatz des überwiegend Kohlehydrate enthaltenden Stroh führt zu einer ausgewogeneren Zusammensetzung und damit einem erleichterten Abbau des organischen Schlammanteils. Diese Annahme wird unterstützt durch die bisher erhaltenen quantitativen Versuchsergebnisse:

Imhoff geht bei der Umsetzung von Weizenstroh von einer Gasausbeute von 367 l Gas/kg oTS aus (CH₄-Gehalt: 78 %)³. Demgegenüber resultiert der Zusatz von ENTEC FK200 in einer Erhöhung der Gasausbeute von 1,5 – 3 m³ Gas / kg ENTEC FK200 (CH₄-Gehalt von 60 – 70 %). ENTEC FK200 wird dabei in einer Menge von 3 – 5 kg / m³ Schlamm zugegeben.

Weitere Aspekte des Zusatzes von ENTEC FK200 sind:

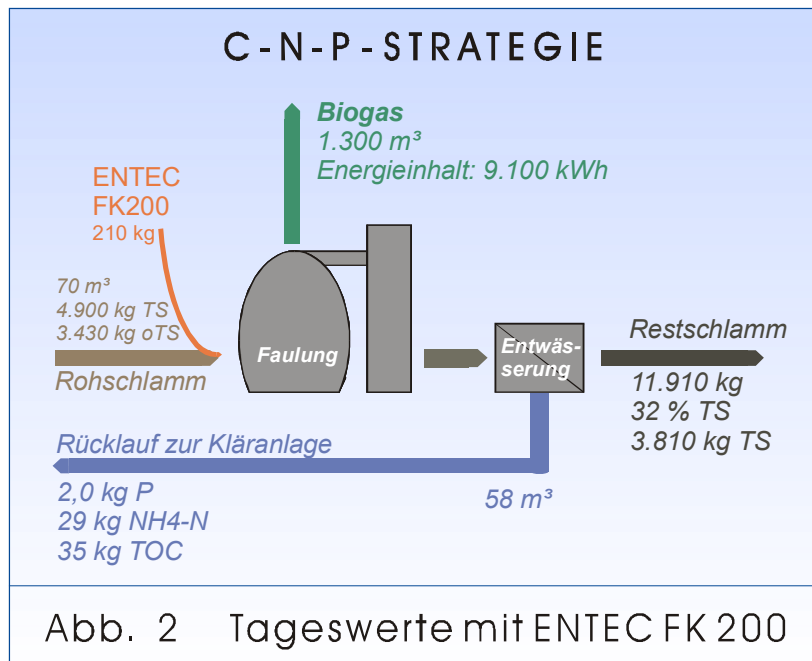
- Die Faserstruktur des Produkts ist hilfreich bei der Erzielung eines guten Entwässerungsverhaltens.
- Bereits durch Einsatz der C-N-P – Strategie wird der Stickstoffanteil im Schlamm vermindert, da ein größerer Anteil als N₂ über den Gaspfad ausgetragen wird. Analysen des Filtrats aus der Faulschlammwässerung ergeben mit ENTEC FK200 eine noch geringere N-Belastung bei gleichzeitig höherem Kohlenstoffgehalt. Somit wird das häufig auftretende Problem der hohen Stickstoffrückbelastung aus Schlammfiltraten weitgehend vermieden, insbesondere auch durch den höheren Kohlenstoffgehalt, der das für die N-Eliminierung wichtige C/N-Verhältnis verbessert.
- Ebenso wird bereits bei Einsatz der C-N-P – Strategie die Phosphorrückbelastung im Schlamm vermindert. Grund ist die Fällung des o-Phosphats als Aluminiumphosphat. Im Gegensatz zum Eisen, das unter den reduzierenden Bedingungen des Faulturms seine Oxidationsstufe ändern und dabei Phosphat freisetzen kann, behält Aluminium seine Oxidationsstufe bei. Reduzierende Bedingungen vermindern sogar noch die Löslichkeit des Aluminiumphosphats. Diese Tendenz wird durch den Zusatz des ENTEC FK200 noch verstärkt – die Rücklösung von P wird weiter vermindert.
- Hier liegt nun auch die Limitierung des Zusatzes von ENTEC FK200: In Anlagen, die Eisensalze zur Phosphorfällung einsetzen, wird eine wesentlich größere Rücklösung an P beobachtet, da unter den verstärkt reduzierenden Bedingungen mehr Phosphat wieder in Lösung geht. Ebenso findet durch höheren N-Gehalt im Schlamm auch verstärkte N-Rücklösung statt. Geringe Eisenmengen, wie sie z.B. zur Sulfidbindung eingesetzt werden, stören den Prozess dagegen nicht.



QUANTITATIVE BETRACHTUNG

Die quantitativen Auswirkungen der Zugabe von ENTEC FK200 hängen naturgemäß von verschiedenen Faktoren, insbesondere der Beschaffenheit des jeweiligen Schlammes ab und sind somit von Anlage zu Anlage verschieden. Genauere Aussagen können daher nur nach Begutachtung der jeweiligen Situation, insbesondere aber nach einem mehrmonatigen Betriebsversuch gemacht werden. Tatsächliche Auswirkungen aus einem Betriebs-

versuch sind in Abb. 1 (konventionelle Verfahrensführung ohne ENTEC FK200) und Abb. 2 (Betriebszustand mit Zusatz von ENTEC FK200) dargestellt.



DAS KRAFTWERK

ÖKO-

Neben dem Aspekt des zuverlässigeren Anlagenbetriebs (bessere Entwässerbarkeit, geringere Rückbelastung), dem ökologischen Aspekt (weniger Stromverbrauch = weniger CO₂) ergibt sich somit ein beträchtlicher ökonomischer Vorteil, resultierend aus Kosteneinsparungen aus der Schlammmentsorgung und Erlösen aus der Energieerzeugung, die unter Berücksichtigung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu einem erheblichen Faktor werden können. Die untenstehende Beispielrechnung geht von der vollständigen Verwertung der zusätzlich gewonnenen Gasmenge aus, auch unter Nutzung der thermischen Energie.

Es ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um die **zusätzlich gewonnene Energie** handelt, die zuvor erzeugte Grundmenge muss also noch addiert werden, ebenso wie die Steigerung, die bereits durch Einsatz der C-N-P – Strategie erreicht wurde (15 – 30 %).

Berücksichtigt wurden:

- Gasverstromung im BHKW (Differenz 300 m³/d = 2.100 kWh/d)– Verwertbar sind ca. 30 % des Energieinhalts als elektrische Energie (0,08 €/kWh) und ca. 55 % als thermische Energie (0,02 €/kWh).
- Minderung der Schlammmentsorgungskosten (75 €/t)

Daraus ergibt sich bei obigem Beispiel:

Kosten/Erlöse	Tagesdifferenz konventionell – mit ENTEC FK200	Mehr-/Minderkosten [€/d]
Elektrische Energie	630 kWh	- 50,00
Thermische Energie	1.155 kWh	- 23,00
Schlammmentsorgung	2.000 kg	- 150,00
ENTEC FK200	210 kg	+ 86,00
Summe Einsparung		- 137,00

Je nach Nutzungsmöglichkeit der thermischen Energie resultiert somit ein **jährlicher Vorteil von 40.000 – 50.000 €**.

¹ Eine weitergehende Beschreibung der C-N-P – Strategie findet sich im Öko-Brief No. 1

² Köppke, K.-E.: Zielsetzungen, Verfahren und Anwendungsmöglichkeiten des Klärschlamm Aufschlusses. Korrespondenz Abwasser 1999 (46), Nr. 7, S.1094

³ Imhoff, K.; K.R.: Taschenbuch der Stadtentwässerung. 28. Auflage (1993). R. Oldenbourg-Verlag, München, Wien, S. 259