

Welche Abfälle eignen sich zur Kofermentation in Faultürmen?

Dr.-Ing. Klemens Finsterwalder

Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co.KG
Bernau

Zusammenfassung

Zur Verbesserung der Ausnutzung bestehender Investitionen von Kläranlagen ist die Kofermentation von organischen Abfällen zurzeit ein großes Thema. Dabei wird leicht übersehen, dass die Kofermentation nicht nur positive Aspekte, wie eine Erhöhung des Biogasertrages, aufweist. Denn mit den Bioabfällen werden auch Stoffe eingetragen, die die Reinigungskapazität der Kläranlage zusätzlich belasten. Das ist auch dann der Fall, wenn diese Substrate direkt dem Faulturm zugeführt werden. Mit den Bioabfällen werden in der Regel nicht unerhebliche Mengen an Proteinen zugeführt, die sich als zusätzlichen TKN- Konzentration in der Belebung wieder finden und die Stickstoffreinigungskapazität der Kläranlage überfordern können. Die Folge sind erhöhte Ablaufwerte, die generell unerwünscht sind. Die im Titel gestellte Frage kann deshalb keine einfache Antwort finden. Die Antwort kann nur für die betroffene Kläranlage gefunden werden, da in die Beurteilung die praktizierte Betriebsführung, die Auslastung des Faulturms und die Kapazitäten zur Stickstoffelimination betrachtet werden müssen. Die Kofermentation muss grundsätzlich so betrieben werden, dass die vorrangige Aufgabe der Kläranlagen, die Reinigung der kommunalen Abwässer, nicht beeinträchtigt oder gar gefährdet wird.

Die Auswahl der Abfälle kann deshalb nur in einer Gesamtbetrachtung durchgeführt werden, bei der die Einflussgrößen aus dem Abfall auf die betroffenen Anlagenbereiche untersucht und beurteilt werden. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Biochemie des Faulturms zu legen, weil die Erfahrungswerte aus der Klärschlammvergärung nicht auf die Abfälle extrapoliert werden können. Als unverzichtbar hat sich die Analyse der Biochemie mit BioTip [1] erwiesen, die es ermöglicht das Verhalten der Faulraumbiologie und insbesondere die Stabilität des Prozesses unter den veränderten Bedingungen der Abfallverwertung zu beurteilen.

Die im Titel gestellte Frage, welche Abfälle sich zur Kofermentation in Faultürmen eignen, kann nicht einfach beantwortet werden. Denn das Klärwerk ist dazu entworfen und dimensioniert worden, um kommunales Abwasser auf Direkteinleiterqualität zu reinigen. Die Verarbeitung von Abfällen, außer denen, die im Klärwerk selbst anfallen, ist nicht vorgesehen. Im Klärwerk anfallende typische Substrate, die den Charakter von Abfällen haben, sind Substrate aus dem Fettabscheider oder der Rohschlamm, bestehend aus einem hohen Anteil an Biomasse, die bei der aeroben Abwasserreinigung anfällt. Diese Substrate werden im Faulturm anaerob behandelt, um den Klärschlamm durch Mineralisierung lagerfähig zu machen. Das dabei erzeugte Biogas dient zur Erzeugung von Wärme für den Faulungsprozess im Faulturm und zur Stromerzeugung. Das anfallende hoch belastete Zentratwasser aus dem Faulturm wird im aeroben Anlagenteil durch Elimination des Stickstoffs und der enthaltenen organischen Säuren gereinigt.

In einer Kläranlage sind also grundsätzlich alle Baugruppen vorhanden, um Biogas aus Abfällen zu erzeugen und die anfallenden Reststoffe zu verwerten, sofern die Abfälle frei von Störstoffen sind. Die Frage der Verwertung von Bioabfällen kann dann grundsätzlich mit ja beantwortet werden, wenn sowohl im Faulturm, wie auch im aeroben Teil freie Kapazität zur Nitrifikation und Denitrifikation vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall müssen entsprechend Nachrüstungen vorgenommen werden.

In Grenzen kann man durch die Auswahl der Abfallsubstrate sich die vorgegebenen Rahmenbedingungen der vorhandenen Kläranlage anpassen. Dies soll im Folgenden an einem Beispiel einer Kläranlage mit einer freien Faulturmkapazität, gemessen am Massedurchsatz, behandelt werden. Klärschlamm ist ein organischer Stoff, der aus Kohlehydraten, Proteinen, Fetten und Wasser besteht. Diese Stoffgruppen sind in allen organischen Substanzen in unterschiedlichen Konzentrationen vorhanden. Deshalb ist die grundsätzliche Aussage prinzipiell richtig, dass alle organischen Stoffe, die die genannten Bestandteile aufweisen, auch vergärbar sind. Es kommt allerdings entscheidend darauf an, in welchen Mengen und Konzentrationen die Substrate zugeführt werden. Es können in diesen organischen Substanzen auch Stoffe vorhanden sein, die direkt oder indirekt die Biologie im Faulturm beeinflussen, beispielsweise Antibiotika oder Schwefelverbindungen, die im anaeroben Milieu zu Schwefelionen reduziert werden und die für die Vermehrung der Bakterien erforderlichen Spurenelemente binden. Deshalb ist ein Nachweis über die Stabilität der Biologie unter den Bedingungen einer Abfallverwertung zwingend erforderlich.

In der Tabelle 1 sind einige Stoffe angegeben, die auf die Eignung in einer Kläranlage untersucht werden sollen. Dazu wird in fünf Schritten die vorhandene freie Kapazität mit Bioabfall aufgefüllt und die biochemische Reaktion mit dem Simulationsprogramm BioTip [1] ermittelt.

Tabelle 1: Zusammensetzung von Abfällen zur Co- Vergärung

Bezeichnung		Kohlehydrate	Proteine	Fette	TS	oTSv
Substrat	Nr.	% oTSv	% oTSv	% oTSv	%	% TS
Klärschlamm	1	64,35	35	0,65	3	80
Biertreber	2	70,9	21,4	7,7	20	97
Schlachtabfälle	3	62	35	3	20	72
Fischabfälle	4	30,3	63	6,7	20	80
Entfettete Speisereste	5	63	36	1	20	89
Rückstände Hefeproduktion	6	58,5	40,6	0,9	20	97

Zunächst wird das Verhalten des Faulprozesses beim Einsatz von Klärschlamm untersucht, um eine Vorstellung von den biochemischen Parametern im Regelbetrieb zu erhalten. In den folgenden Bildern werden die Prozessdaten zeitabhängig dargestellt. Die Bilder zeigen die Änderung der Prozessdaten. Beim Start werden 80% der täglichen Endmenge zugegeben. Nach einem Zeitraum von 40 Tagen ist in etwa ein stationärer Zustand erreicht. Die folgenden Stufen bilden jeweils eine Zugabe von zusätzlichen 4% der Endmenge an Co- Substrat ab. 100% Mengenzugabe sind nach 120 Tagen erreicht. Nach 150 Tagen endet die Simulation. Da die Substratzusammensetzung und die Mengen der Inhaltstoffe schwanken, ist in den Diagrammen neben dem wahrscheinlichsten Wert auch der obere und untere Grenzwert angegeben.

Bild 1a zeigt die Entwicklung der wahrscheinlichen Biogasmenge. Nach 40 Tagen ist ein Wert von 1602m³/d erreicht, der sich erwartungsgemäß in den genannten 5 Stufen auf 2051m³/d erhöht. Die entsprechenden Daten für Methan, (980m³/d, bzw. 1263m³/d) sind aus Bild 1b ersichtlich. Das Biogas enthält also etwa 62% Methan.

Für das Substrat Nr. 5 „entfettete Speisereste“ ist die Biogas- und Methanmengenentwicklung stellvertretend für die „Abfallsubstrate“ in Bild 2 dargestellt. Man erkennt aus dem Verlauf, dass die Biologie lediglich vier der fünf möglichen Belastungsstufen verträgt.

Der maximale Biogasertrag bei einer stabilen Biologie beträgt 3949m³/d (Bild 2a), der zugehörige Methanertrag beträgt 2525m³/d (Bild 2b) oder 64%. Das Versagen der Biologie bei der fünften Belastungsstufe hängt mit einer durch die hohen Stickstoffgehalte ausgelöste Hemmung des Bakterienwachstums zusammen.

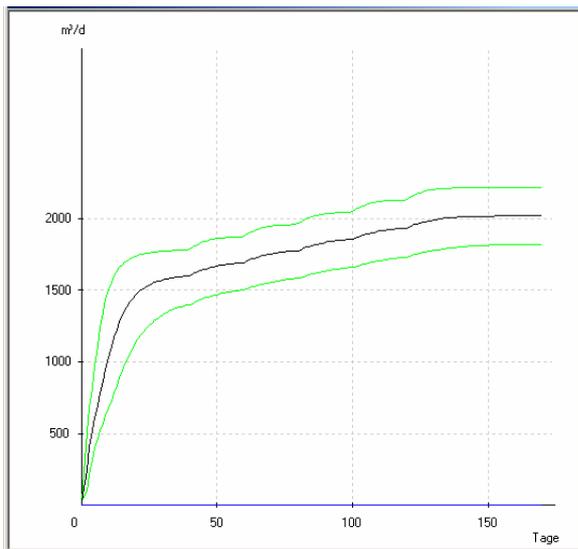


Bild 1a: Entwicklung Biogas aus Klärschlamm

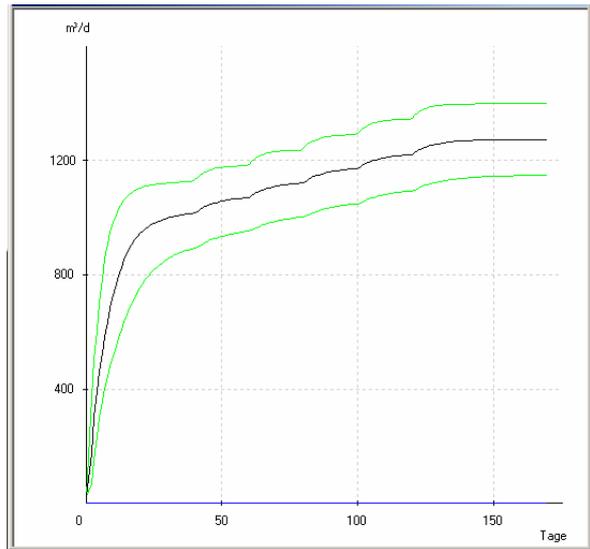


Bild 1b: Entwicklung Methan aus Klärschlamm

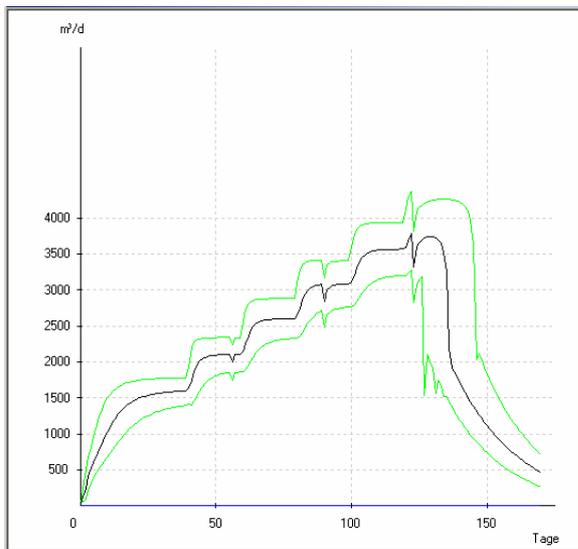


Bild 2a: Entwicklung Biogas aus Speiseresten

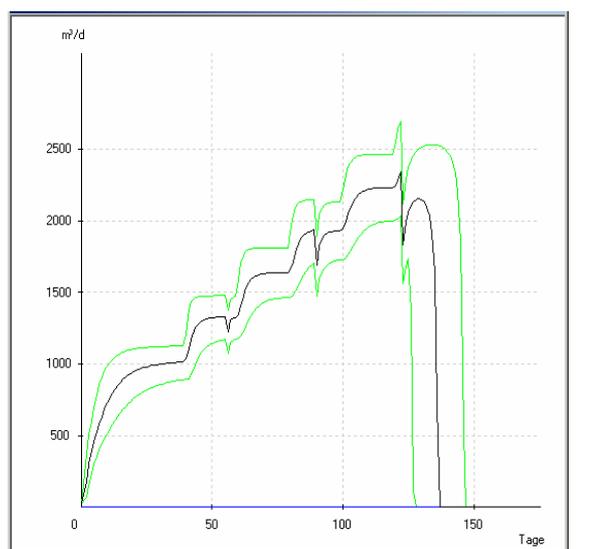


Bild 2b: Entwicklung Methan aus Speiseresten

Für alle in der Tabelle 1 angegebenen Substrate sind in der Tabelle 2 die Biogas- und Methanmengen, sowie die maximal mögliche Zugabe an Co-Substrat nach Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 2: Mögliche Biogas- und Methanerträge der Substrate nach Tabelle 1

Bezeichnung		Biogas	Methan	Co- Substratmenge	
Substratart	Nr.		Gehalt	Anteil am Co- Substrat	
		m ³ /d	m ³ /d	%	
Klärschlamm	1	2051	1263	61,6%	100
Biertreber	2	5051	3000	59,4%	100
Schlachtabfälle	3	3949	2525	63,9%	80
Fischabfälle	4	3703	2525	68,2%	80
Entfettete Speisereste	5	3450	2228	64,6%	80
Rückstände Hefeproduktion	6	1602	1016	63,4%	0

Daraus ist ersichtlich, dass die Substrate Nr. 1 und Nr. 2 die freie Kapazität des Faulturms zu 100%, die Substrate Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 zu 80% und Substrat Nr. 6 zu 0% nutzen kann. Die Begrenzungen von den Substraten Nr. 3 bis 5 ist durch eine Vermehrungshemmung durch hohe Stickstoffkonzentrationen, die Begrenzung von Substrat Nr. 6 durch hohe Schwefelwasserstoffbildung bedingt.

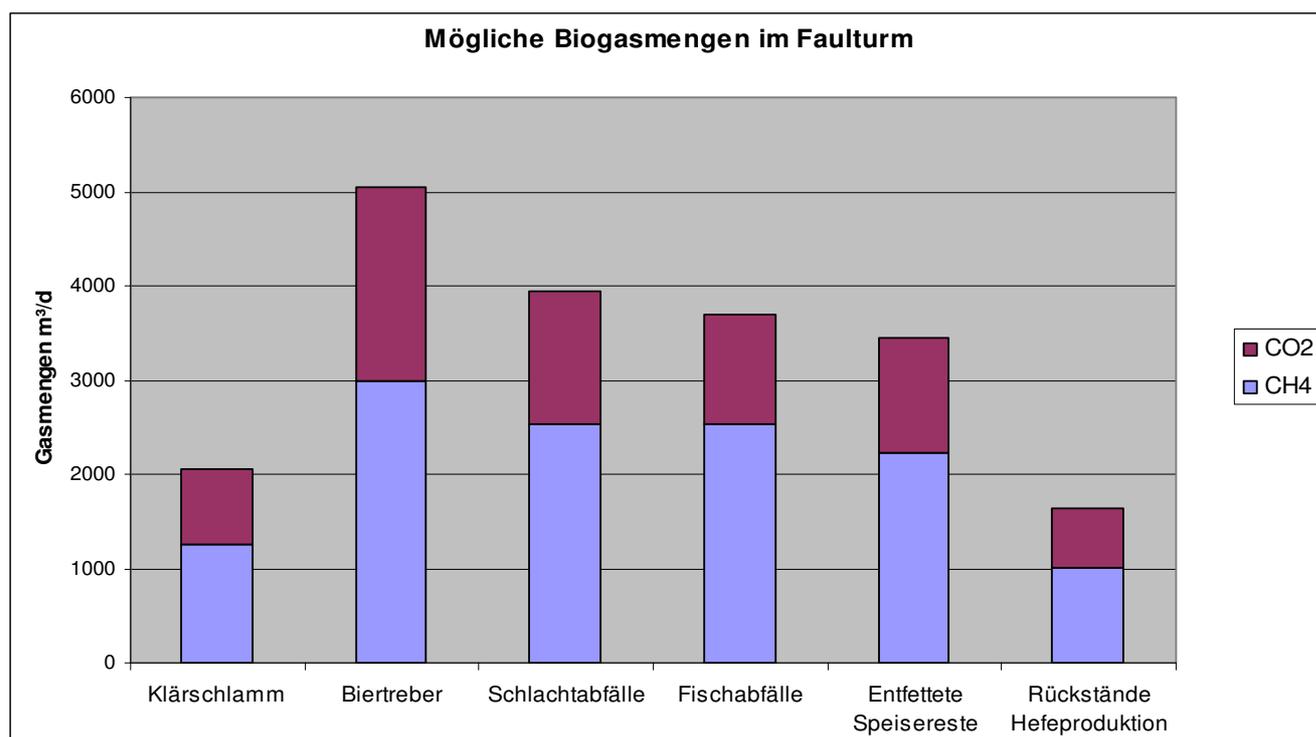


Bild 3: Möglicher Biogasertrag im Faulturm

Der Anteil von Methan am Biogas schwankt zwischen 59,4% bis 68,2% auf Grund der unterschiedlichen Zusammensetzung. Die Anteile von Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) am Biogas zeigt Bild 3. Daraus ist die Abhängigkeit der Anteile an CH₄ von den Proteinanteilen ersichtlich. Dabei gilt grundsätzlich, dass der Methangehalt umso höher ist, je höher der Proteingehalt des Substrates. Man kann

dies in Tabelle 2 am Vergleich der Substrate Nr. 2 und Nr. 4. Sieht man das bisherige Ergebnis nur aus dem Blickwinkel der Energieerzeugung, weist das Substrat 2 mit 3000m³ Methan/d den besten Ertrag aus und ist auch noch gut verträglich für die Biologie.

Neben dem erwünschten Biogas wird die Kläranlage aber auch mit einer zusätzlichen Stickstofffracht belastet, die sich in einer Erhöhung der Ablaufwerte der Kläranlage auswirken kann. Sofern die vorhandenen Kapazitäten zur Stickstoffelimination nicht ausreichen, müssen diese nachgerüstet werden oder die Zugabe von Co- Substraten ist so begrenzen, dass die vorhandene verfügbare Kapazität ausreicht. Für unser Beispiel sind in der Tabelle 3 die erwarteten Stickstoffbelastungen des Zentratwassers angegeben.

Tabelle 3: Stickstoffbilanz für die Co- Substrate der Tabelle 1

Bezeichnung		Stickstoff
Substratart	Nr.	gesamt
		mg/l
Klärschlamm	1	683
Biertreber	2	1200
Schlachtabfälle	3	1282
Fischabfälle	4	1687
Entfettete Speisereste	5	1125
Rückstände Hefeproduktion	6	538

Unter der Vorgabe nicht nachzurüsten, muss man die für das Substrat „Klärschlamm“ zur Verfügung stehende Stickstoffmenge bei Vollauslastung nach Planung einhalten. Das ergibt die in der Tabelle 4 angegebenen Co- Substratmengen mit den zugehörigen Biogas- bzw. Methanerträgen.

Tabelle 4: Gaserträge bei Einhaltung der freien Faulraum- und Stickstoffeliminationskapazität

Bezeichnung	Bild	Biogas	Methan	Mengenanteil
Substratart	Nr.		Co- Substrat	Co- Substrat
		m³/d	m³/d	%
Klärschlamm	1	2051	1263	100
Biertreber	2	2532	1504	21
Schlachtabfälle	3	2176	1392	19
Fischabfälle	4	2052	1400	12
Entfettete Speisereste	5	2175	1404	24
Rückstände Hefeproduktion	6	1641	1016	0

Die unter der Bedingung „keine Nachrüstung“ nutzbaren Co- Substratmengen von den möglichen Co- Substraten Nr. 2 bis 5 ergeben die Nr. 2 und 5 die höchsten Energieerträge.

Die Mengenzugabe liegt deutlich unter dem möglichen Potential des Faulturms. Es wird deutlich, dass die Stickstoffelimination die Grenzbedingung für die Mengenzugabe bei der Co- Fermentation darstellt. Dabei sind solche Substrate von Vorteil, die einen niedrigen Proteingehalt aufweisen.

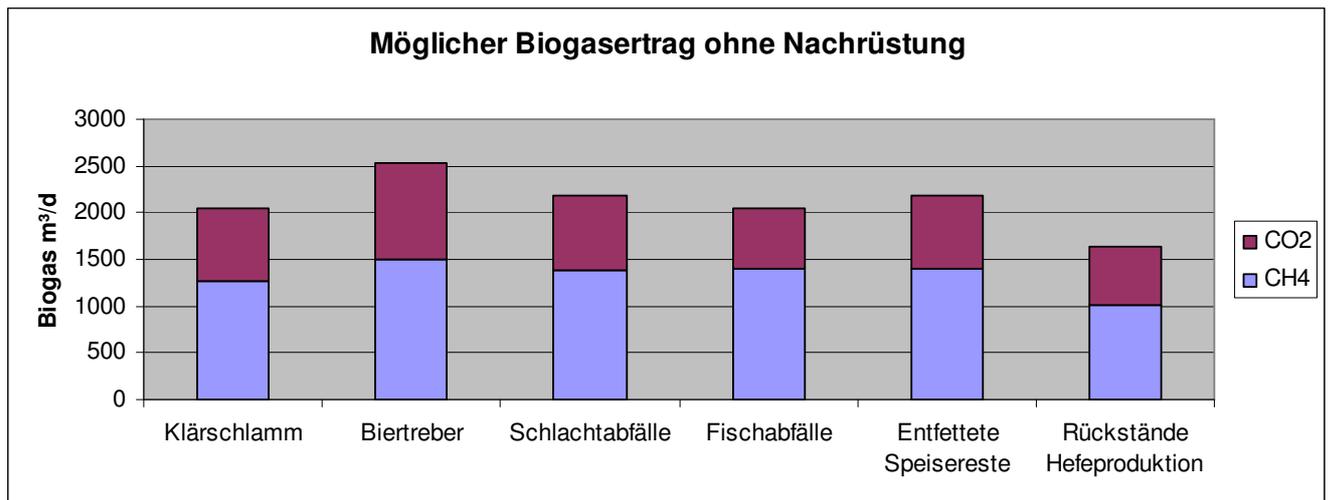


Bild 3: Anteile von Methan und Kohlendioxid am Biogas als Funktion der Co-Substrate.

Der Vollständigkeit halber sei noch darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Abfällen auf Kläranlagen dem Abfallrecht unterliegt. Deshalb muss die Entsorgung des Klärschlammes von Kläranlagen, die Abfälle als Co- Substrate einsetzen, in der Regel auf thermischem Weg erfolgen. Das ist kein Nachteil, da der Klärschlamm aus verfahrenstechnischer Sicht die Senke der im Abwasser enthaltenen Stoffe darstellt und der durch thermische Verwertung z.B. in Kohlekraftwerken behandelt werden soll. Außerdem muss nachgewiesen werden, dass

- die Lagerung der Abfälle in geschlossenen Annahmespeicher, getrennt nach Abfall-schlüsselnummern erfolgt,
- das Faulraumvolumen unter den neuen Randbedingungen ausreicht,
- das vorhandene Gassystem auf die vergrößerten Gasmengen angepasst wird,
- sich die Emissionen im Kläranlagenablauf nicht erhöhen,
- der Klärschlamm thermisch verwertet wird und

- insbesondere die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme genutzt wird.

Zu Beginn der Bearbeitung stand die Frage, welche Belastungen der Faulturn durch die Zugabe von organischen Stoffen ohne Umstellung der Betriebsführung verkraften kann. Die Beurteilung der Faulraumbiologie infolge der Zugabe von biogenen Reststoffen stand deshalb im Zentrum der Untersuchung. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass in der Regel

- wegen der hohen Proteingehalte die Stickstoffelimination maßgebend für die Einsatzmengen von Bioabfall sind,
- in der Regel Abfälle mit niedrigem Proteingehalt vorteilhafter sind,
- in besonderem Maße auf Stoffe zu achten ist, die Hemmungen in der Biologie auslösen und
- es zwingend erforderlich ist, im Einzelfall die Eignung von Substraten zu untersuchen, weil deren Zusammensetzung große Schwankungen aufweisen kann und keiner Normung unterliegt.

Literatur

[1] Kottmair A., Finsterwalder K; Ausgewogen Füttern, Biogasjournal 2005 Nr. 1; Forschung und Praxis.