

Wie können biogene Abfälle in Kläranlagen verwertet werden?

Dr.-Ing. Clemens Finsterwalder

Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG
Bernau

Zusammenfassung

In der Betriebsführung der kommunalen Kläranlage Moosburg werden neue Wege mit dem Ziel beschritten, die Anlage mit erneuerbarer Energie aus biogenen Abfallstoffen zu betreiben und den Klärschlamm in einen Energieträger vergleichbar mit Braunkohle umzuwandeln. Dies erfolgt durch Nutzung der bestehenden Infrastruktur für die Klärschlammbehandlung, die durch eine Klärschlamm-trocknung erweitert wurde. Durch Covergärung mit biogenen gewerblichen Abfällen wird die Biogaserzeugung in der Endausbaustufe bis auf das Fünffache der ursprünglichen Menge gesteigert. Die Eignung der möglichen organischen Reststoffe wird über die Simulation der biochemischen Prozesse nach Zugabe dieser Einsatzstoffe untersucht und deren Eignung oder Ausschluss festgestellt. In der Endausbaustufe wird die Stickstofffracht aus dem Zentratwasserrücklauf durch eine Hochlastbiologie limitiert. Die Nutzung des Biogases erfolgt durch BHKW auf Basis von Gasmotoren und einer Brennstoffzelle, wobei die Wärme in der Anlage selbst genutzt, der erzeugte Strom in das Netz eingespeist wird.

Aufgabe einer Kläranlage ist die Reinigung von Abwasser, das durch den häuslichen, gewerblichen und industriellen Gebrauch verunreinigt wurde. Ziel ist es, die Abwasserreinigung zu möglichst niedrigen Kosten durchzuführen. Die hierfür erforderliche Technik hat sich über viele Jahrzehnte entwickelt und ist in ihren Grundelementen standardisiert. Man unterscheidet den Bereich „Abwasserreinigung“ und den Bereich „Behandlung der Schlämme aus der Abwasserreinigung“, in dem die bei der Reinigung anfallenden organischen Reststoffe verarbeitet werden.

Die in der Vorklärung und in der Nachklärung abgeschiedenen Schlämme werden unter anaeroben Bedingungen behandelt. Die Schlammbehandlung hat primär nur das Ziel, den Schlamm aus der Abwasserreinigung weitgehend zu mineralisieren und so zu stabilisieren. Das bei diesem Prozess im Faulturm entstehende Biogas, ein Gemisch aus Methan und Kohlendioxid, wird in BHKW energetisch verwertet, wobei die Wärme zum Beheizen der Faultürme, der Strom zum Betrieb der Faulturmumwälzung und zum Antrieb der Kompressoren der Belüftungsanlagen verwendet wird.

Der Klärschlamm, der aus verfahrenstechnischer Sicht die Senke der im Abwasser enthaltenen Stoffe darstellt, wurde in der Vergangenheit meist als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Heute setzt sich allmählich die Erkenntnis durch, dass es besser ist, den Schlamm weiter zu behandeln. Dies erfolgt durch eine weitgehende Mineralisierung durch Kompostierung oder durch thermische Verwertung in Kohlekraftwerken. Weit verbreitet ist der Einsatz von auf ca. 30% Trockensubstanz entwässertem Schlamm zur Kühlung der Kohlemühlen oder getrockneter pelletierter Schlamm als Brennstoff mit einem Heizwert von Braunkohle. Das bei der Schlammentwässerung anfallende Zentratwasser wird in die Abwasserreinigung zurückgeführt.

Die Optimierungsziele in Abwasserbehandlungsanlagen haben sich bislang meist darauf konzentriert, die zur Abwasserreinigung erforderlichen Verfahrensschritte in ihrer Effizienz zu steigern. Man kann aber eine Kläranlage auch als eine Anlage begreifen, die organische Reststoffe aus dem häuslichen, gewerblichen und industriellen Bereich verwertet, ohne selbst Reststoffe zu erzeugen. Die Anlagen produzieren gereinigtes Wasser, Brennstoff in Form von Klärschlamm für Kohlekraftwerke und Energie in Form von Wärme und elektrischem Strom.

Die dafür benötigten Ausgangsstoffe werden über das Abwasser oder in Tankwagen der Anlage zugeführt. Die im Abwasser enthaltenen organischen Stoffe müssen vor der Behandlung im Faulturm wegen der niedrigen Konzentration in Form von Klärschlamm eingedickt werden, während die im Tankwagen angelieferten organischen Stoffe direkt im Faulturm

behandelt werden können. Letztere sind z.B. organische Reststoffe aus der Milch verarbeitenden Industrie oder aus der Gastronomie.

Die Betreiber der Kläranlage Moosburg haben das Potential dieser erweiterten Nutzung erkannt. Ihr Ziel, die Energieversorgung der Anlage weitgehend unabhängig von fremden Energiequellen nur aus der Verwertung von organischen Reststoffen, also aus nachwachsenden Energierohstoffen zu verwirklichen, wird in zwei Stufen umgesetzt.

- 1) Verwertung von Bioabfällen zusammen mit Klärschlamm im bestehenden Faultrum zur Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie mit dem Ziel, die für die Trocknung des Klärschlammes erforderliche Energie bereitzustellen. Der getrocknete Klärschlamm hat etwa das Energiepotential von Braunkohle und wird als Braunkohleersatz verwertet.
- 2) Erhöhung des Abfalldurchsatzes mit dem Ziel, die Kläranlage insgesamt in Zukunft weitgehend energieautark zu betreiben.

Die Stufe (1) ist umgesetzt und es liegen Betriebserfahrungen in der Verwertung von organischen Reststoffen über einen Zeitraum von etwa 2 Jahren vor. Voraussetzung für die Genehmigung zur Verarbeitung von Abfällen ist eine Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzgesetz. Diese Genehmigung wurde von dem Landratsamt Freising 2005 ausgesprochen. Dazu waren unter anderen der Nachweis erforderlich, dass

- die Lagerung der Abfälle in geschlossenen Annahmespeicher, getrennt nach Abfallschlüsselnummern erfolgt,
- dass das Faulraumvolumen unter den neuen Randbedingungen ausreicht,
- dass das vorhandene Gassystem auf die vergrößerten Gasmengen angepasst wird,
- dass sich die Emissionen im Kläranlagenablauf nicht erhöhen,
- dass der Klärschlamm thermisch verwertet wird und
- dass insbesondere die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme genutzt wird.

Zu Beginn der Bearbeitung stand die Frage, welche Belastungen der Faultrum 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. Die hierfür erforderlichen Untersuchungen wurden unter Verwertung der im Forschungsprojekt „Verwertung von organischen Reststoffen“ [1] erarbeiteten Grundlagen mit dem Programm BioTip durchgeführt.

Die Zusammensetzung der organischen Reststoffe in Bezug auf TS-Gehalt, Gehalt an Kohlehydraten, Fetten und Proteinen ist höchst unterschiedlich, sodass eine Bewertung nur über die Menge nicht möglich ist. Deshalb ist es unerlässlich, die für die Verwertung zugelassenen Einsatzstoffe einzeln und in Kombination auf die Faulraumbiologie zu untersuchen. Dies wurde durch Simulation der biochemischen Reaktionen im Faultrum bei Zugabe von Klärschlamm zusammen mit den Abfallstoffen über einen Zeitraum von 170 Tagen durchgeführt. Dabei werden auch unvermeidliche Streuungen der Substrate und der Umsetzbedingungen im Faultrum berücksichtigt. Ein Beispiel der Berechnungen ist in den Bildern 1 bis 7 dargestellt. Sie zeigen, wie sich die Abhängigkeiten der einzelnen biochemischen Parameter untereinander darstellen. Die mittlere Linie in den Graphen zeigt das Verhalten unter mittleren Verhältnissen, die ober- und unterhalb liegende Linien die Grenzwerte. Die Beschickung des Faultrums im Simulationsbeispiel erfolgt in den Stufen 0 bis 2.

Der Faulturm wird zu Beginn nur mit Schlamm aus der Kläranlage beschickt (Stufe 0). Dann werden zusätzlich nach 40 Tagen Abfälle gemäß Stufe 1 und nach weiteren 40 Tagen Abfälle nach Stufe 2 zugegeben. Die Bereiche der Stufen 0 bis 2 sind in den Graphen gekennzeichnet. Die in der Simulation ermittelten Bandbreiten der biologischen Parameter haben sich auch unter den Betriebsbedingungen der Kläranlage Moosburg im Betrieb bestätigt.

Bild 1 zeigt die Entwicklung der Biogaserzeugung. In Stufe 0 werden im Mittel ca. $850\text{m}^3/\text{d}$, in Stufe 1 ca. $3000\text{m}^3/\text{d}$ und in Stufe 2 schließlich ca. $5000\text{m}^3/\text{d}$ erzeugt. Den sich einstellenden Methanertrag zeigt Bild 2. Er steigt in Stufen von ca. $530\text{m}^3/\text{d}$ über ca. $1850\text{m}^3/\text{d}$ auf ca. $3050\text{m}^3/\text{d}$. Die Methan-menge beträgt ca. 62% vom Biogas. Der Rest des Biogases besteht hauptsächlich aus Kohlendioxid. Die Prognosen stellen ein wichtiges Instrument der Beurteilung dar, weil sie Informationen über das zukünftige Verhalten des Faulturms liefert. Dies ist besonders deshalb wichtig, weil eine sichere Abwassereinigung nach wie vor die zentrale Aufgabe einer kommunalen Kläranlage ist.

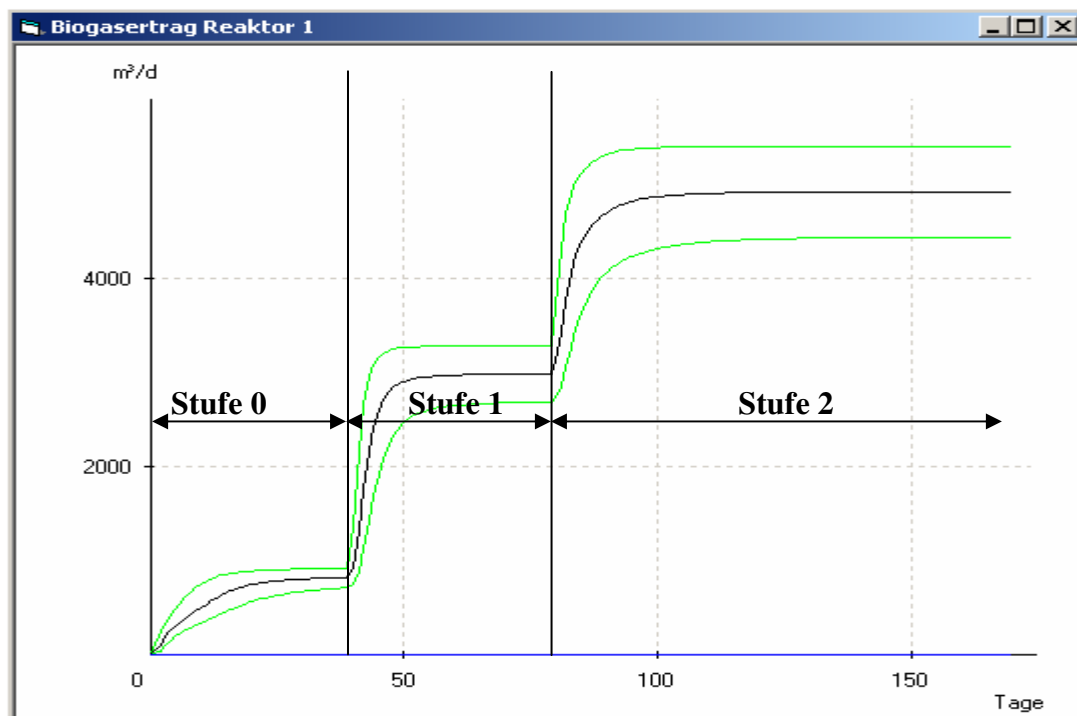


Bild 1: Biogasertrag in den Betriebsstufen 0 bis 2

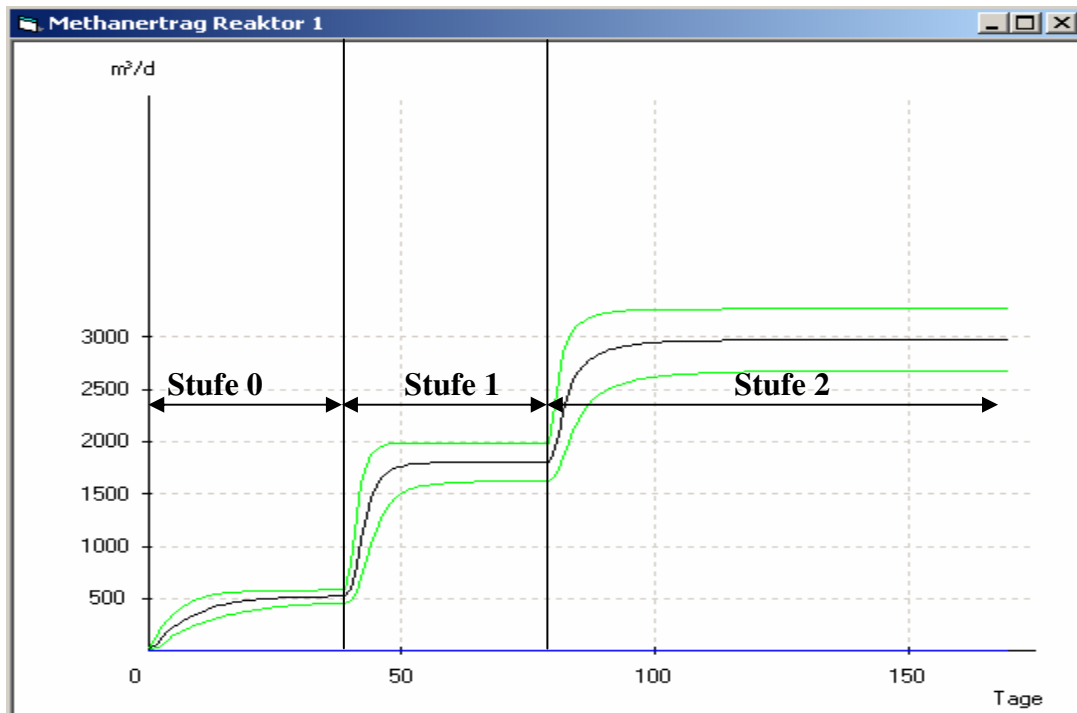


Bild 2: Methanertrag in den Betriebsstufen 0 bis 2

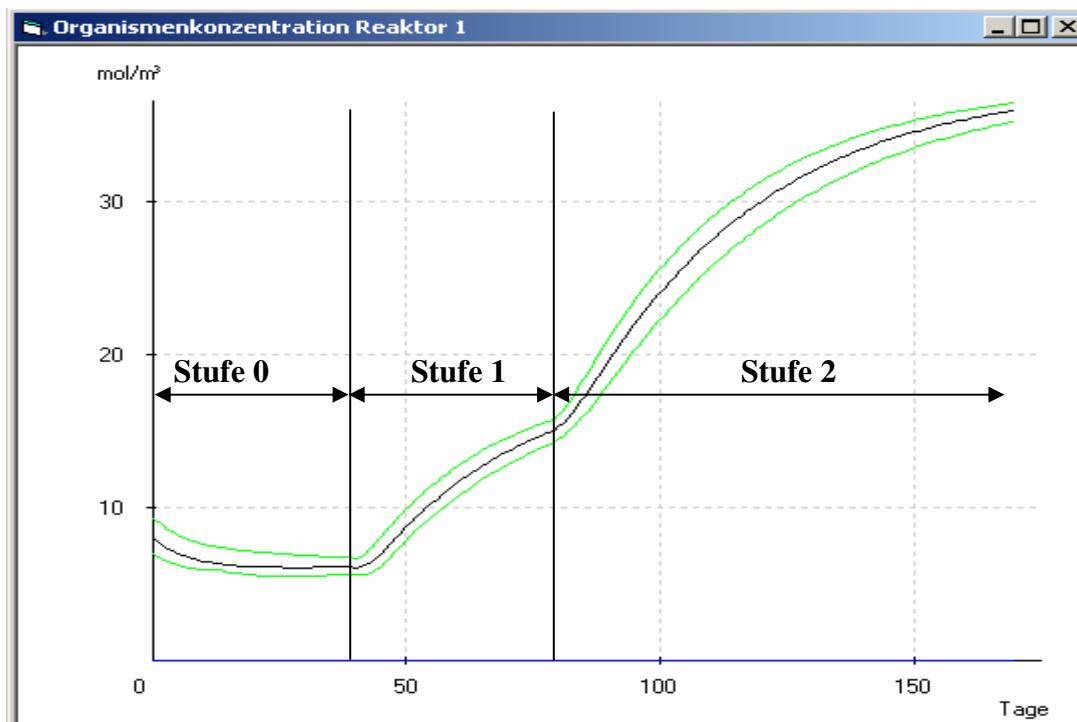


Bild 3: Organismenkonzentration

Die Änderung der Faulraumbelastung durch die Zugabe von Abfallstoffen stimuliert das Wachstum der Organismen. Die Organismenkonzentration erhöht sich (Bild 3). Das Wachstum verlangsamt sich, wenn sich die optimale Organismenkonzentration einstellt (Bild 4).

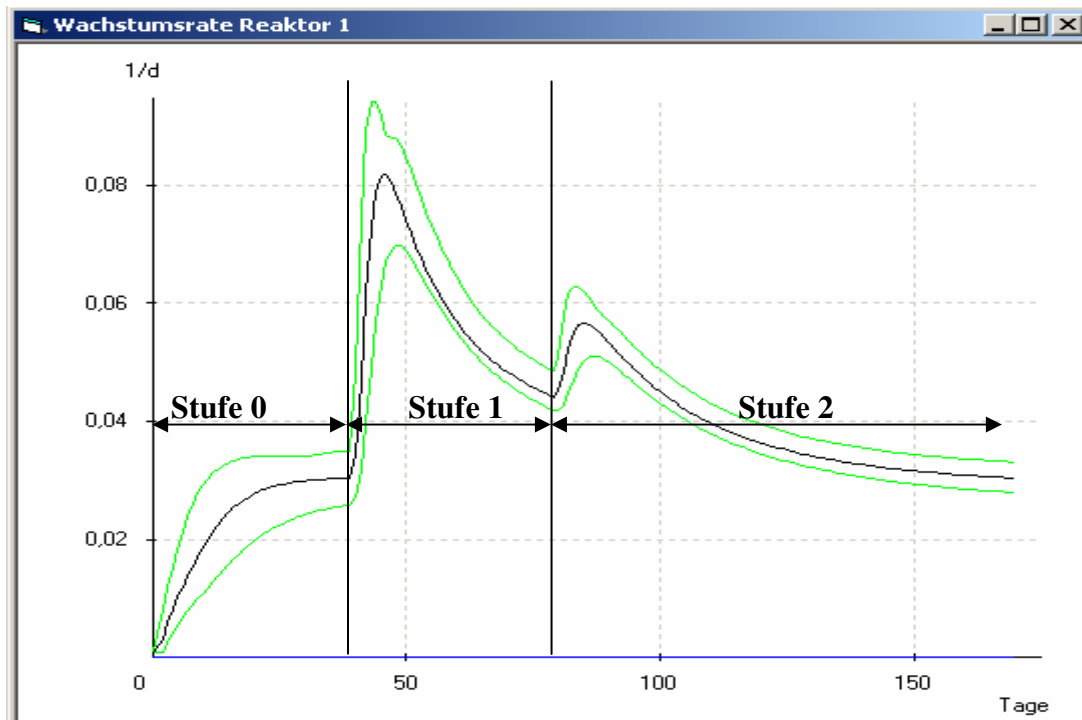


Bild 4: Wachstumsrate der Organismen

Bild 5 zeigt die Konzentration der organischen Säuren, die sich durch die Erhöhung der Belastung zwangsläufig vergrößert. Sie steigt bei Belastungserhöhungen an. Bei gleich bleibendem Belastungszustand in den Belastungsstufen steigt sie von Anfangs 3mol/m^3 über 6mol/m^3 in Stufe 1 auf 13mol/m^3 in Stufe 2. Die Säurekonzentration für sich allein genommen hat keine Aussagekraft. Man muss ihre Entwicklung zusammen mit der Pufferkapazität (Bild 6) und dem pH-Wert (Bild 7) betrachten. Beide Bilder zeigen, dass nur sehr kleine Streuungen auftreten und dass die Pufferkapazität ansteigt und der pH-Wert trotz steigender Säurebelastung ebenfalls leicht ansteigt. Das signalisiert einen stabilen biochemischen Prozessverlauf.

Die Betriebserfahrungen von 22 Monaten Abfallvergärung auf der Kläranlage Moosburg zeigen, dass mit dem Werkzeug BioTip ein zuverlässiger Betrieb des Faulturms durchgeführt werden konnte. Eine derartige begleitende Überwachung ist sinnvoll und notwendig, um bei Veränderungen der zugeführten Substrate die Reaktionen der Faulturmbiologie vor der Zugabe beurteilen zu können. Messungen am Faulturm zeigen, dass sich die im Vorfeld durchgeführten Prognosen bestätigt haben.

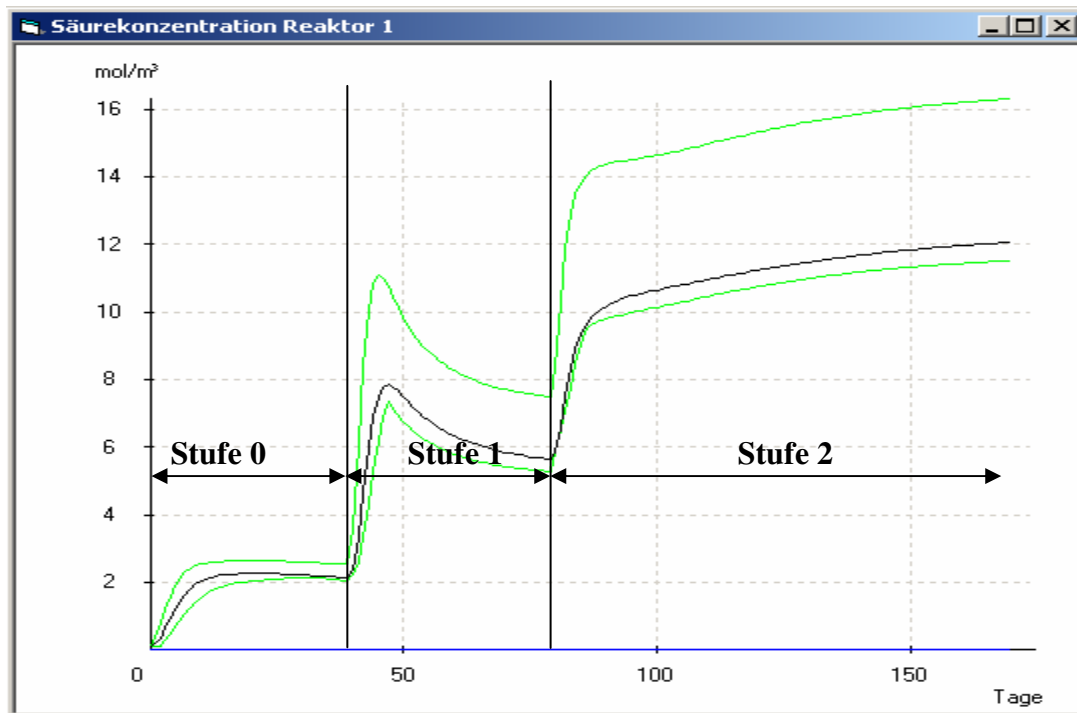


Bild 5: Konzentration der Säuren in den Belastungsstufen

Die in den Abfällen enthaltenen Proteine führen zu einer Erhöhung der Stickstofffracht des Zentratwassers und damit der Kläranlage. Sie beträgt in der Stufe 1 etwa 14%, in der Stufe 2 werden etwa 24% erwartet. Die daraus mögliche Erhöhung der Stickstofffracht im Ablauf der Kläranlage wurde in der Stufe 1 durch eine Verbesserung der Regelung der Nitrifikation und Denitrifikation nach dem Fuzzy-Prinzip kompensiert. Es zeigte sich in den zurückliegenden 22 Monaten, dass trotz der zusätzlichen Stickstoffbelastung aus der Covergärung mit Abfällen tendenziell eine Abnahme der Stickstofffracht im Ablauf der Kläranlage erreicht wurde. Mit der Steigerung des Abfalldurchsatzes in der Stufe 2 soll die Stickstoffbelastung des Zentratwassers durch eine Hochlastbiologie limitiert werden, sodass keine zusätzliche, aus der Covergärung stammende Stickstofffracht die Abwasserreinigung belasten. Diese Umstellungen sind derzeit in Planung.

Neben der biologischen Kapazität des Faulturms müssen auch die betrieblichen Belange angemessen berücksichtigt werden. Voraussetzung für die Annahme der organischen Reststoffe zur Verwertung im Faulturm ist eine Anlieferung durch Tankwagen in pumpfähiger Form. Sie müssen weitgehend frei von Fremdstoffen sein. Unter diesen Voraussetzungen wird der im Reststoff befindliche Feststoffgehalt aus organischen Bestandteilen im Faulturm in kurzer Zeit weitgehend abgebaut. Die gemessenen Schlammkonzentrationen im Faulturm blieben weitgehend unverändert. Bezogen auf die Schlammmenge aus Klärschlamm ergab sich eine Erhöhung von ca. 10%.

Die Veränderungen auf der Kläranlage Moosburg konzentrierten sich auf den Bereich der Biogasnutzung. Die vorhandene BHKW-Kapazität von 80kWel war auf eine Gasmenge von maximal 1000m³/d Biogas ausgelegt. Die Wärme aus der Motorkühlung wurde zur Temperierung des Faulturms verwendet, der Strom ins Netz eingespeist.

Die Vergrößerung der Biogasmenge auf bis zu 3000m³/d in der Ausbaustufe 1 erforderte eine Aufstockung der BHKW-Kapazität um 190kWel auf insgesamt 270kWel. Für die Nutzung der bei der Erzeugung der elektrischen Energie anfallenden Wärmeenergie wurde eine Klärschlamm-trocknung der Firma Binder installiert, die den anfallenden Klärschlamm pelletiert und bei 120°C trocknet. Der Schlamm verliert dabei ca. 65% seines Ursprungsgewicht-

tes. So kann die Abwärme optimal genutzt werden. Nebenbei wird der Klärschlamm hygienisiert. Das hat zwar keine unmittelbare Bedeutung, weil Klärschlamm unter die Klärschlammverordnung und nicht unter die Verordnung für Nebenprodukte fällt. Würde diese Verordnung angewendet, wäre eine Hygienisierung Pflicht. Die Verwertung erfolgt zur Energieerzeugung im Kraftwerk BKB AG in Helmstedt.

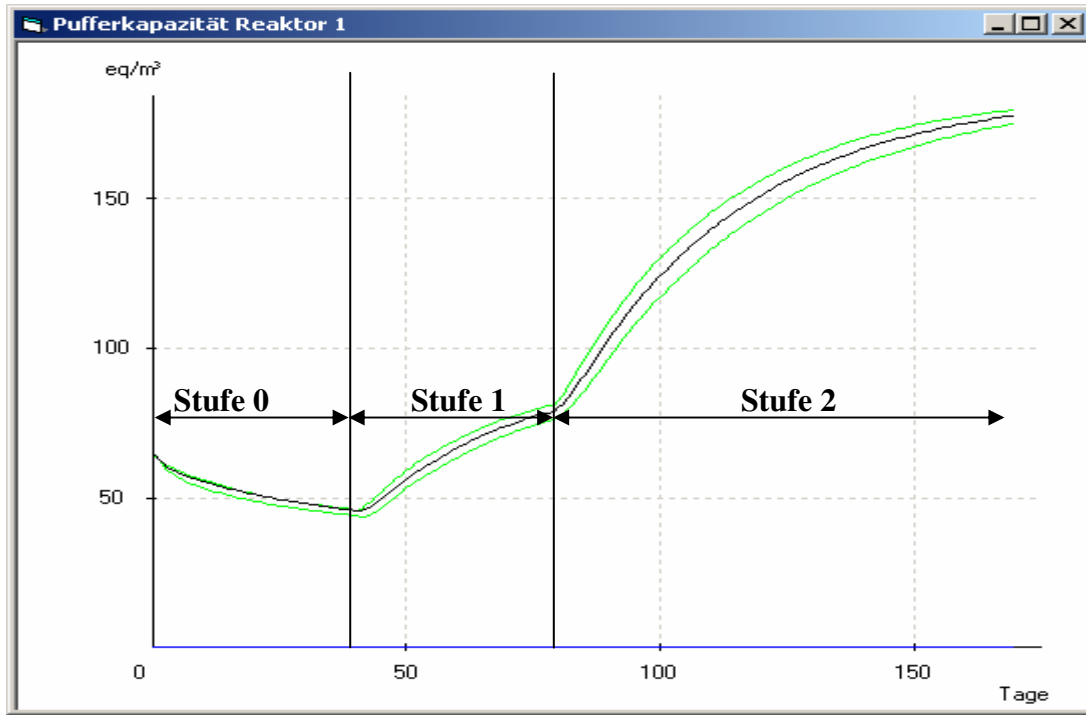


Bild 6: Pufferkapazität im Reaktor

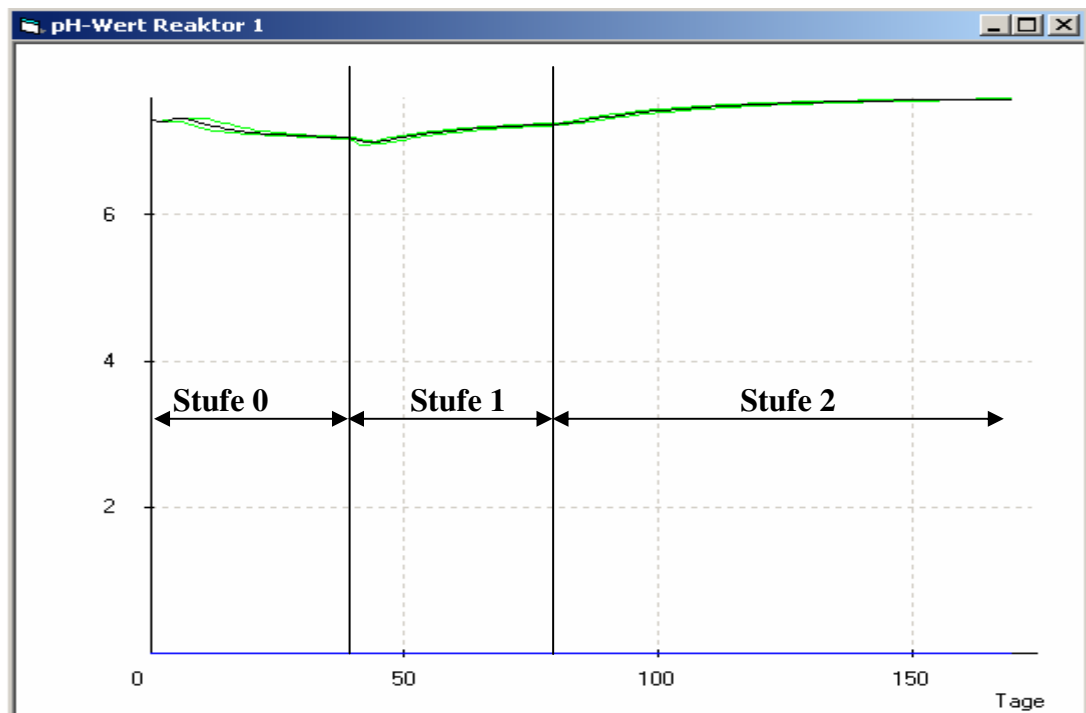


Bild 7: pH- Wert

Das in Zukunft nach der Fertigstellung der zweiten Ausbaustufe zusätzlich erzeugte Biogas wird in einer Brennstoffzelle der Fa. MTU zu elektrischem Strom verarbeitet, deren Leistung 250kWel bei einem Wirkungsgrad von 47% beträgt. Wenn die zweite Ausbaustufe fertig gestellt ist wird die Kläranlage Moosburg die erste Kläranlage sein, die sich selbst ganz auf Basis von erneuerbarer Energie versorgt. Die erzeugte elektrische Energie ist größer als der Spitzenbedarf der Anlage. Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Die durchgeführten Maßnahmen werden voll aus den Energieerlösen und der Reduktion der Entsorgungskosten refinanziert. Dies zeigt, dass schon heute bei einer intelligenten Planung im Bereich der kommunalen Abwasserreinigung unter Ausnutzung der dort vorhandenen Infrastruktur ein wirtschaftlicher Betrieb auf Basis erneuerbarer Energie möglich ist.

Literatur:

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

