

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 7

Artikel: Anaerobe Vorbehandlung von Brennereiabwasser
Autor: Weyermann, Heinz / Käsermann, Gerhard / Dörig, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78916>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Heinz Weyermann, Luzern, Gerhard Käsermann, Nidau, Hans Dörig, Willisau

Anaerobe Vorbehandlung von Brennereiabwasser

Für die Vorbehandlung des Abwassers einer Brennerei wurde eine anaerobe Reinigungsanlage mit entsprechenden Vor- und Nachbehandlungssystemen realisiert. Die Auswertungen nach einem Jahr Betriebszeit zeigen, dass mit dem gewählten Konzept eine hohe Flexibilität im Betrieb erreicht wird und die Abbauleistungen mit über 80% bezüglich chemischem Sauerstoffbedarf (CSB) über den Erwartungen liegen. Gleichzeitig mit der Vorbehandlungsanlage konnte durch verschiedene Optimierungen eine Reduktion des Energieeinsatzes von über 50% erreicht werden.

Eine der führenden Brennereien der Schweiz hat erkannt, dass der Schutz der Umwelt zunehmend zu einem der wichtigsten Themenkreise im modernen Produktionsprozess wird. 1993 hat sie sich in Absprache mit dem zuständigen Amt für Umweltschutz deshalb entschlossen, eine Vorbehandlungsanlage für Brennerei-Abwasser und Schlempe zu erstellen. Nach umfangreichen Vorabklärungen fiel die Wahl auf ein anaerobes Reinigungssystem, das zusammen mit entsprechenden Vor- und Nachbehandlungsstufen eine effiziente und wirtschaftliche Reinigung des Abwassers gewährleistet. Gleichzeitig mit der Realisierung der Vorbehandlungsanlage wurden im Betrieb verschiedene Massnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes durchgeführt.

Projektumfang und Termine

Der Projektumfang der Vorbehandlungsanlage kann grundsätzlich in sechs verschiedene Anlagekomponenten unterteilt werden: Die Entnahme der in der Schlempe vorhandenen Feststoffe mit der Ausscheidung der Fruchtsteine und der Separierung der übrigen Feststoffe im Dekanter, die Rückgewinnung der Abwärme aus der Schlempe mit speziellen Wärmetauschern, die Zwischenstapelung der aus dem Prozess chargenweise anfallenden Schlempe mit Vorversäuerung und Nährstoffausgleich, die anaerobe Reinigung im Reaktor durch den Abbau der gelösten Schmutzstoffe mittels hochkonzentrier-

tem Bioschlamm, die Abtrennung des gereinigten Abwassers und des Biogases durch spezielle Elemente direkt im Reaktor und das Gassystem zur Fassung und Verwertung des anfallenden Klärgases für die Heizung der Gebäude der Vorbehandlungsanlage und Erzeugung von in der Brennerei benötigtem Dampf, das Biofilter zur Reinigung sämtlicher anfallender Abluft. Dazu kommen die Betriebs- und Installationsräume für die maschinellen Anlagen, die Laboreinrichtungen und die automatische Steuerung.

Das Anlagekonzept wurde in der Schweiz erstmals in dieser Form für die Reinigung von Brennereiabwasser und Fruchtschlempe eingesetzt. Nach einer Bauzeit von sieben Monaten konnte die Abwasservorbehandlungsanlage im Dezember 1993 eingefahren werden. Anschliessend wurden die Anlagen für die Verwertung des Biogases und die Rückgewinnung der Abwärme erstellt, so dass im Juli 1994 die gesamte Anlage abgenommen werden konnte. Nach Abschluss des ersten Betriebsjahres wurden die Betriebserfahrungen mit sämtlichen in der Brennerei verarbeiteten Fruchtsorten ausgewertet.

1

Brennhäfen mit Kupferkatalysator



Anlagebeschrieb

Aufbereitung der Fruchtschlempe

Die in der Brennerei verarbeiteten Früchte lassen sich in die Hauptkategorien Steinobst und Kernobst unterteilen. In der Aufbereitung der Steinobstschlempe werden zuerst die Fruchtsteine ausgesiebt, mit Abwärme aus den Rauchgasen vortrocknet und anschliessend als Brennstoff eingesetzt. Die aufbereitete Steinobst- bzw. Kernobstschlempe gelangt anschliessend in einen Zwischenstapelbehälter. Mit den dort eingebauten Wärmetauschern wird die Schlempe auf ca. 45 °C abgekühlt. Anschliessend werden die noch in der Schlempe enthaltenen Feststoffe in einem Dekanter separiert und einer externen Verwertung zugeführt. Damit bei allen Fruchtsorten die für die nachfolgenden Reinigungsstufen erforderliche maximale Feststoffkonzentration von 1000 mg/l eingehalten wird, können entsprechende Flockungsmittel vor dem Dekanter zudosiert werden.

Wärme und Energierückgewinnung

Anhand von Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Wärmebilanzen zeigte sich, dass ca. 50% der bisher im Brennereibetrieb verbrauchten Energie durch Rückgewinnungsmassnahmen eingespart werden konnten. Im Rahmen des Gesamtkonzeptes werden folgende Massnahmen ergriffen:

- Vorwärmung der Maische mit dem Kühlwasser aus der Brennerei in zwei als Wärmetauscher ausgebildeten Chargentanks zu je 6000 l.
- Warmwasseraufbereitung für den gesamten Betrieb durch den Wärmetausch mit der heissen Schlempe.
- Verwertung der Fruchtsteine als Brennstoff. Die Steine aus der Steinobstschlempe werden mit Abwärme aus den Rauchgasen vorgetrocknet und anschliessend als Brennstoff in einer Feststofffeuerung zur Dampferzeugung verwertet.
- Einsatz des in der Vorbehandlungsanlage anfallenden Biogases. Das Biogas wird simultan in einem Zweistoffbrenner als Heizenergie in der Brennerei eingesetzt.

Zusätzlich werden im Winter sowohl die Gebäudeheizung der Vorbehandlung wie auch die Heizung des Anaerobreaktors mit Biogas betrieben.

Stapel- und Vorversäuerungstanks

Das durch den Dekanter weitgehend von Feststoffen befreite Brennereiabwasser wird in die Stapeltanks geleitet, wo ein qualitativer und quantitativer Ausgleich stattfindet. Für die Stapeltanks wurden vorhandene Behälter verwendet, die mit den notwendigen Instrumenten für die Füllstandsmessung ergänzt wurden.

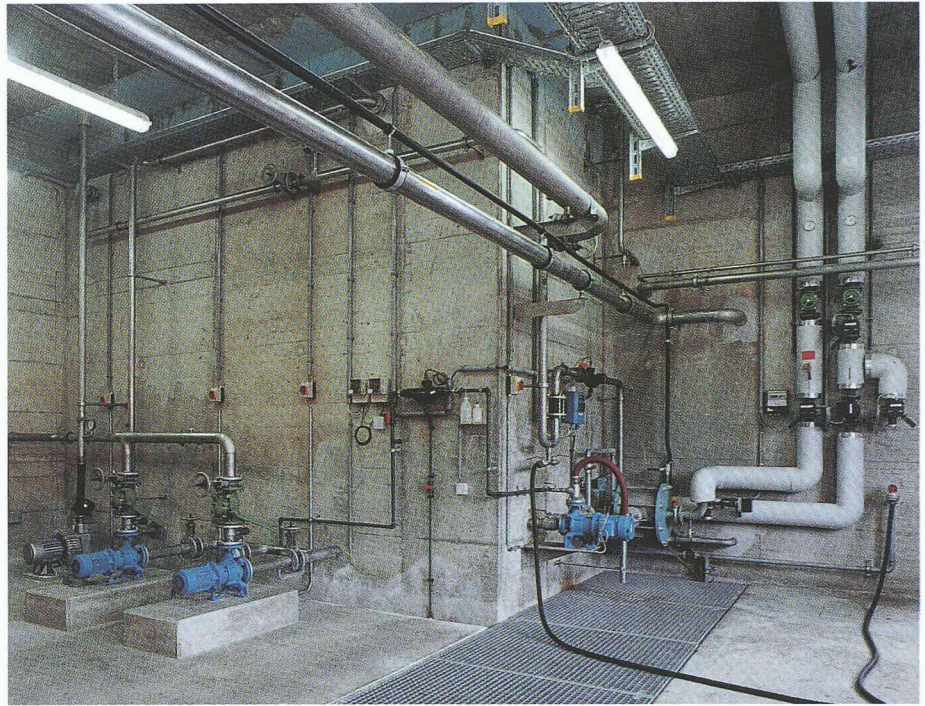
Das Abwasser wird in diesen Tanks zwischengelagert, sein pH-Wert liegt bei 3 bis 5, die Temperatur bei 60 bis 80 °C.

Fruchtsäuren, Restzucker und Restalkohol werden relativ schnell in niederkettige Fettsäuren umgewandelt, solange der pH-Wert nicht unter einen Wert von ca. 4,5 absinkt. Unterhalb dieses Bereichs kommt der biologische Prozess der Versäuerung praktisch zum Erliegen. Daraus folgt, dass ohne pH-Korrektur durch Neutralisation stets nur eine teilweise Versäuerung stattfinden kann.

Mittels Exzentrerschneckenpumpen wird das Abwasser dosiert in die Vorbehandlungsanlage gefördert. Wird der minimale Füllstand der Stapeltanks unterschritten, so erfolgt eine automatische Abschaltung der Beschickungspumpen.

Der Bioreaktor

Im Bioreaktor erfolgen die biochemischen Reaktionen von Versäuerung und Methanisierung, d.h. die im Abwasser enthaltenen Kohlenstoffverbindungen werden grossenteils in energiereiches Gas umgewandelt, nur ein geringer Teil (<5%) des organischen Kohlenstoffs wird in Überschuss-Schlamm umgesetzt, so dass auf eine eigentliche Schlammbehandlung verzichtet werden kann. In der Vorbehandlungsanlage ist jedoch ein Stapelbehälter



2

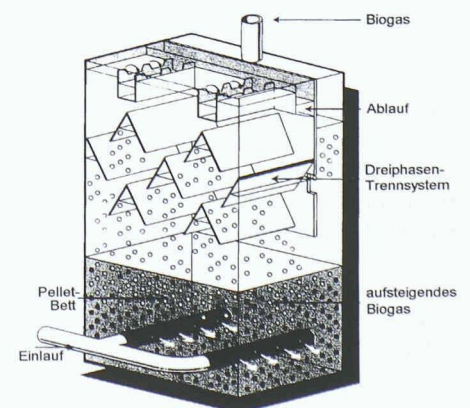
zum Zwischenlagern von Überschuss-Schlamm vorhanden. Der Bioreaktor funktioniert nach dem Prinzip der Schlammrückhaltung durch Sedimentation im Schlammbett. Der sogenannte UASB-Reaktor (vom englischen Upflow Anaerobic Sludge Blanket) hat heute weltweit die grösste Verbreitung gefunden und ist praktisch zum Standard der Anaerobtechnik geworden. Die aktive Biomasse liegt in granulierter Form mit hohem Sedimentationsvermögen vor (Pellets). Das Schlammbett erreicht eine Höhe von >2m und einen Trockensubstanz-Gehalt von >10%, so dass eine beträchtliche Akkumulation von Biomasse möglich wird. Dies erklärt die überaus kompakte Bauweise des Bioreaktors. Aus (3) ist der prinzipielle Aufbau des Reaktors ersichtlich:

Funktionsbeschreibung

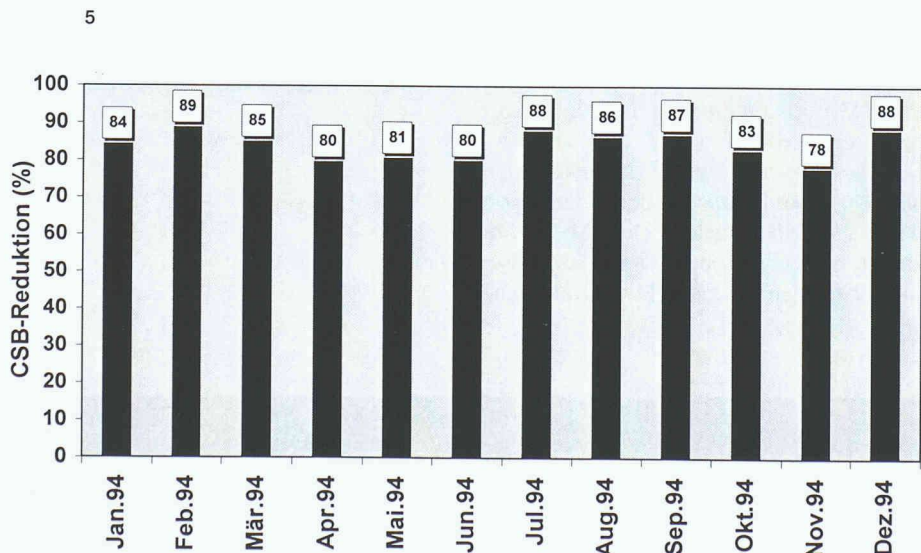
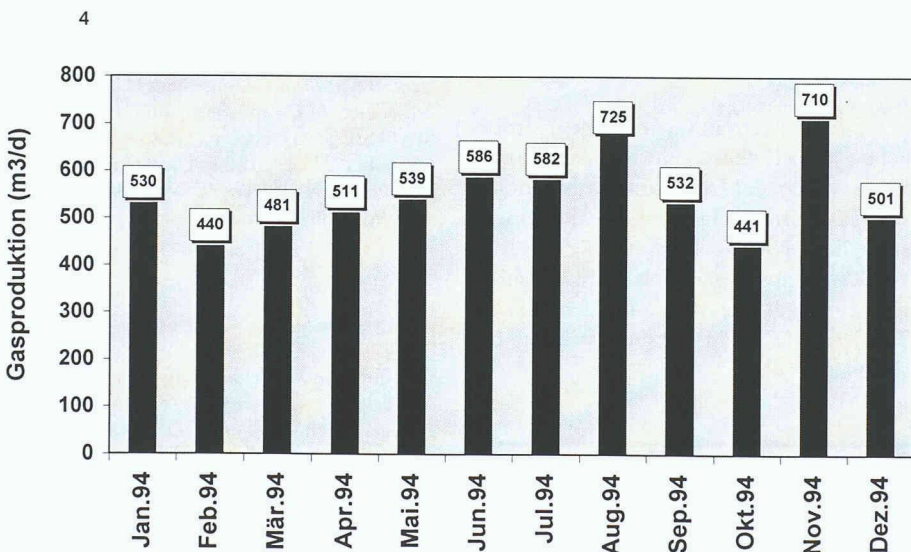
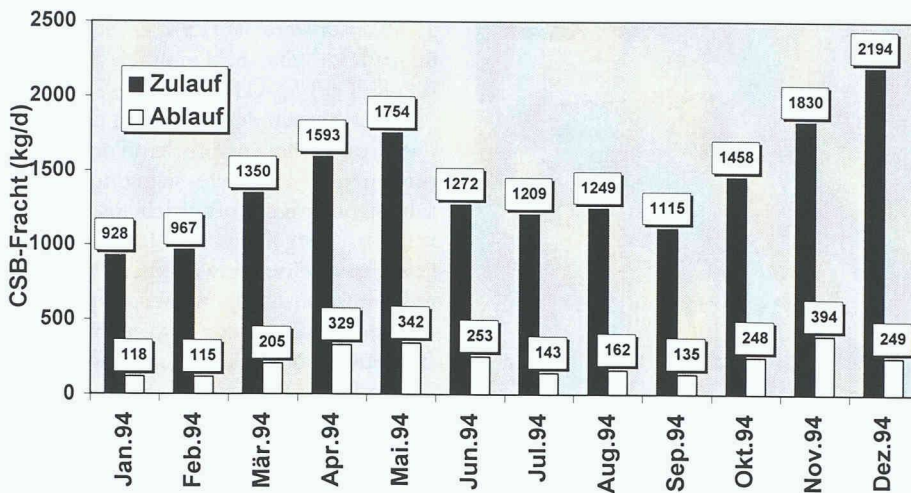
Der Zulauf wird gleichmässig am Reaktorboden verteilt in das Schlammbett eingespeist. Die Produktion von Biogas führt zu einer grossen Turbulenz im Schlammbett, so dass ohne spezielle Umwälzung ein inniger Kontakt von Substrat und Biomasse möglich ist. Das aufsteigende Biogas wird am Reaktorkopf in vier modular konzipierten Abscheidern vom behandelten Abwasser getrennt und dem Gassystem zugeführt. Die Schlammkörner werden durch den Auftrieb der anhaftenden Gasblasen in die Höhe gehoben. Dabei werden die Gasblasen infolge des abnehmenden hydrostatischen Drucks immer grösser und lösen sich schliesslich vom Schlamm, der wieder ins Schlammbett absinkt.

- 2 Verfahrenstechnische Ausrüstung Bioreaktor
- 3 Schnittbild Aufbau Bioreaktor
- 4 Tagesfrachten 1994 (Monatsmittelwerte)
- 5 Gasproduktion 1994
- 6 CSB-Reduktion 1994 (Monatsmittelwerte)

Der aus den Abscheidern entnommene Ablauf wird teilweise in das Rezirkulationsbecken zurückgeleitet. In diesem Becken wird das zu behandelnde Abwasser bezüglich Konzentration, Temperatur und pH-Wert konditioniert und anschliessend in den Reaktor gepumpt. Die Rezirkulation des Ablaufs ermöglicht die Neutralisation des Zulaufs mit minimalem Aufwand an Chemikalien, da das



3



mit dem Kohlendioxid (CO₂) des Biogases im Gleichgewicht stehende Hydrogenkarbonat (HCO₃⁻) im Ablauf eine optimale pH-Pufferung ergibt. Weiter können die überaus hohe CSB-Konzentration des Brennereiabwassers von bis zu 45 000 mg/l durch Verdünnen mit vorgereinigtem Abwasser reduziert und die hydraulische Belastung des Reaktors unabhängig vom

Zufluss optimal eingestellt werden. Die Kapazität der Anlage kann in Zukunft bei Bedarf um 50% gesteigert werden, indem der Schlammstapelbehälter durch Bestücken mit zwei weiteren Abscheidemodulen und den dazugehörigen Rohrleitungen zu einem zweiten Reaktor umgebaut wird, ohne dass dazu bauliche Massnahmen notwendig wären.

Gasfassung und Speicherung

Das anfallende Biogas wird aus den Abscheidemodulen zusammengeführt und nach Abscheidung von allfälligem Schaum und Kondensat in einen Kissengasspeicher geleitet. Der Gasspeicher dient dazu, die kurzzeitigen quantitativen und qualitativen Schwankungen der Gasproduktion auszugleichen. Eine eigentliche Speicherung des Biogases ist aber nicht vorgesehen, da das produzierte Biogas unmittelbar im Kesselhaus verwertet werden kann. Die Gasproduktion wird mit einem Durchflussmesser erfasst und stellt ein sicheres und wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Betriebszustandes dar. Durch den Ballast auf den Gasspeicherkissen wird im ganzen Gassystem ein Vordruck aufgebaut. Der Gasspeicher ist mit einer kontinuierlichen Füllstandsmessung ausgestattet, von der die Verbraucher sowie die Gasfackel automatisch angesteuert werden. Die Gasfackel ist als Notaggregat konzipiert und wird nur betrieben, wenn zum Beispiel wegen Ausfall der Gasverwertung in der Brennerei der maximale Füllstand des Gasspeichers erreicht wird. Das ganze Gassystem ist automatisiert und erfordert nur eine minimale Aufsicht des Betriebspersonals. Der Heizwert des produzierten Gases beträgt etwa $\frac{2}{3}$ desjenigen von Erdgas, und der Schwefelgehalt ist relativ gering (<0.5%V).

Abluftbehandlung

Die gesamte Vorbehandlung ist so konzipiert, dass kein Austritt von geruchbelasteter Abluft erfolgt. Sämtliche Anlagenteile sind abgedeckt und unter leichtem Unterdruck gehalten. Die abgesaugte Abluft wird in einem Biofilter behandelt, so dass keinerlei Beeinträchtigungen der Umgebung auftreten können.

Steuerung und Visualisierung

Die Vorbehandlungsanlage ist wie die Brennerei für einen automatischen Betrieb über 24 Stunden pro Tag ausgelegt. Die Kontrolle und Steuerung des Anlagenbetriebs erfolgen dezentral mit speicherprogrammierbaren Einheiten und selbstüberwachenden Mess- und Regelgeräten. Zusätzlich wurde in der Brennerei ein Visualisierungssystem mit Blindschaltbild und allen Betriebs- und Störungsmeldungen für die Brennerei, die Vorbehandlungsanlage, die Abwärmerückgewinnung und die Energiezentrale eingerichtet. Sämtliche Störungsmeldungen werden auf einem Drucker registriert.

Für die Dokumentation des Betriebszustandes des Anaerobreaktors und des in die Kanalisation abgeleiteten Abwassers werden insgesamt 6 Parameter auf einem Punktschreiber mit Drucker festgehalten.

Für die Kontrolle der Qualität des abgeleiteten Abwassers und den Nachweis des Reinigungseffektes werden regelmässig die mit automatischen Probenehmern gesammelten Wasserproben von Zu- und Ablauf auf CSB analysiert.

Die Beschickungspumpen des Anaerobreaktors können nur betrieben werden, wenn alle Voraussetzungen für einen optimalen Reaktorbetrieb eingehalten sind. Dies betrifft insbesondere Temperatur und pH-Wert, welche vollautomatisch innerhalb einer definierten Bandbreite gehalten werden. Im weiteren wird bei übermässiger Gasproduktion die Zufuhr von Abwasser unterbrochen, um Überlastzustände des Reaktors auszuschliessen.



7

Biogasspeicher

Bauliche Aspekte

Die Anordnung und Gestaltung der gesamten Vorbehandlungsanlage nimmt in grossem Masse Rücksicht auf die bestehenden Gebäude und Betriebseinrichtungen. Die Anlagen für die Aufbereitung der Schlempe und der Wärme- und Energierückgewinnung wurden innerhalb der vorhandenen Brennereigebäude eingebaut. Soweit als möglich wurden bereits vorhandene Elemente wie Pumpen und Tankanlagen weiterverwendet.

Die eigentliche Abwasservorbehandlungsanlage wurde als Neubau am Rande des Betriebsareals erstellt.

Der Bioreaktor, die Vorbelüftung, der Schlammstapelraum und die Gasanlagen wurden zusammen mit dem Installationsraum und dem Betriebsraum als kompaktes Bauwerk im Berghang konzipiert. Durch diese Anordnung konnten die dem Reinigungsprozess dienenden Anlagenteile, die eine Betriebstemperatur von 35 °C aufweisen, geschützt im Erdreich plaziert werden.

8

Gesamtansicht der Vorbehandlungsanlage



Die Betriebsräume mit allen erforderlichen maschinellen Einrichtungen, den Steuerungen, der Laboreinrichtung für die Abwasseruntersuchungen sowie einem zusätzlichen Waagebüro sind ebenerdig vom Areal aus zugänglich. Eine besondere Note ergibt die vom Künstler Niklaus Troxler aus Willisau gestaltete farbige Aussenfassade (8).

Zusammenfassung der Betriebsresultate

Die Anlage wurde im Dezember 1993 in Betrieb genommen. Durch die Impfung des Reaktors mit aktiver granulierter Biomasse konnte der Anaerobreaktor innert ca. 2 Wochen auf die volle Leistung hochgefahren werden.

Der Reaktor hat ein Nennvolumen von 190 m³ und ist für die Behandlung von 2500 kg/d CSB ausgelegt. Die CSB-Raumbelastung beträgt somit 13 kg/m³·d. Im Reaktor befinden sich ca. 7000 kg Organische

Trockensubstanz (OTS), es ergibt sich demzufolge eine Schlammbelastung von 0,35 kg CSB/kg OTS^{*d}.

Der Betrieb der Anlage im ersten Betriebsjahr verlief entsprechend den Erwartungen und zeichnete sich durch einen sehr stabilen Reaktorbetrieb aus. Die vertraglich festgehaltenen Leistungswerte konnten in einer einwöchigen Probenahmeekampagne nachgewiesen werden und wurden während der ganzen bisherigen Betriebszeit ohne Ausnahme übertroffen.

In (4), (5) und (6) sind für das 1. Betriebsjahr die Monatsmittelwerte für die CSB-Fracht, die CSB-Reduktion sowie die Gasproduktion (ca. 65% CH₄) dargestellt.

Adressen der Verfasser:

Heinz Weyer mann, Bauingenieur HTL, Desserich + Partner AG, Ingenieure und Planer ETH/SIA/ASIC, 6005 Luzern, Gerhard Käsermann, Chemiker HTL, Alpha Umwelttechnik AG, 2560 Nidau, Hans Dörig, Diwisa, Distillerie Willisau SA, 6130 Willisau

Anlagedaten:

Investitionen Vorbehandlungsanlage und Energieoptimierung	3,2 Mio. Franken
Abwassermengen (105 m ³ /Tag)	12 000 m ³ /Jahr
max. Durchsatzmenge	5 m ³ /Stunde
Frachtbezogene Ausbaugrösse	2500 kg CSB/d
entspricht der Kapazität einer Abwasserreinigungsanlage für	25 000 Einwohner
Reinigungsgrad	85%
Energieinhalt des erzeugten Klärgases	700 000 kWh/Jahr