

# Biogasgewinnung aus Brauereiabwasser

## Anaerobe Vorbehandlung von Abwässern mit hohen CSB-Frachten

*Brauereiabwasser eignet sich auf Grund seiner Zusammensetzung sehr gut für biologische Abwasserbehandlungsverfahren. Durch den Einsatz von anaerober Hochlasttechnologie, wie z. B. dem Biobed® Reaktor, werden 70 % bis 85 % der gesamten CSB-Fracht effizient aus dem Abwasser entfernt und in energiereiches Biogas umgewandelt. Das erzeugte Biogas kann im Kessel der Brauerei zur Gewinnung thermischer Energie oder in einem separaten BHKW zur kombinierten Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie genutzt werden. Die in diesem Artikel beschriebenen Anwendungsbeispiele für Biobed® Technologie aus Portugal, Lettland und den USA erreichen einen durchschnittlichen Abbau des gesamten CSB um 75 % bis 80 %.*

### Einleitung

Die anaerobe Behandlung von Brauereiabwasser ist ein bewährtes und energieeffizientes Verfahren. Ein niedriger Energieverbrauch, kleine Reaktor Aufstellflächen, geringer Chemikalienverbrauch und der Wegfall von Schlammbehandlungskosten sind Vorteile dieser Technik gegenüber aeroben Alternativen. Des Weiteren wird durch die anaerobe Abwasserbehandlung

Biogas erzeugt, welches in der Brauerei als erneuerbare Energiequelle genutzt werden kann, um einen Teil der fossilen Energieträger zu ersetzen. In diesem Artikel werden drei Fallbeispiele von Brauereien aus verschiedenen Erdteilen beschrieben, die sich für anaerobe Hochleistungstechnologie als Abwasserbehandlungsverfahren entschieden haben.

### Biologische Behandlung von Brauereiabwasser

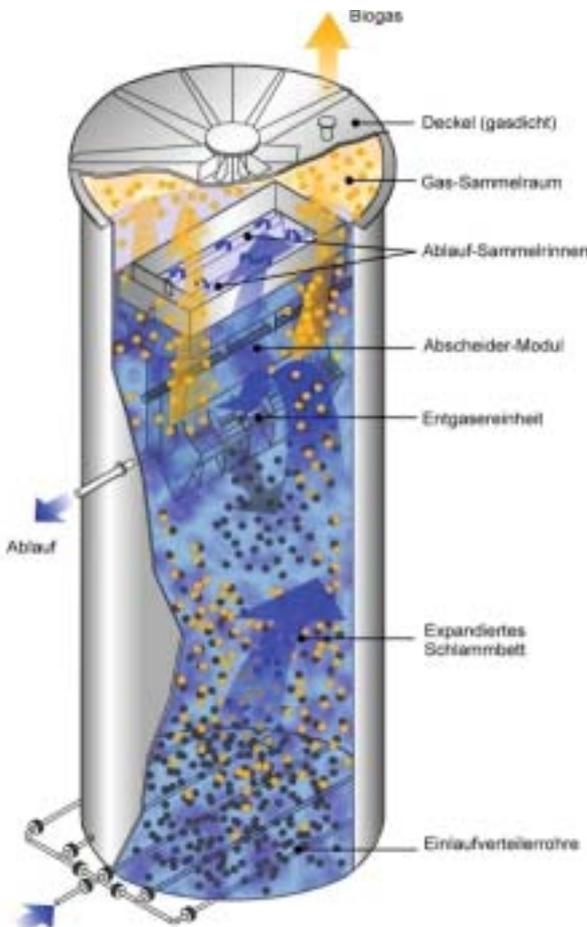
In Brauereien fallen ca. 2–6 hl Abwasser pro hl produziertem Bier an. Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) des Abwassers schwankt zwischen 2000 und 6000 mg/L mit einem BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf)/CSB Verhältnis von 0,5–0,7. Der CSB besteht überwiegend aus leicht abbaubaren organischen Verbindungen wie Zucker, Ethanol und löslicher Stärke. Auf Grund der guten biologischen Abbaubarkeit sind biologische Verfahren (anaerob und aerob) die bevorzugten Behandlungsmethoden für Brauereiabwasser.

In aeroben Verfahren werden organische Stoffe durch aerobe Bakterien bei Anwesenheit von Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert. Der Energiebedarf in einer aeroben Anlage ist typischerweise 0,7 bis 1 kWh/kg CSB und die Raumbelastung variiert zwischen 0,5 bis 2,0 kg CSB/(m<sup>3</sup> · d). In der anaeroben Behandlung werden organische Stoffe in einem sauerstofffreien Milieu durch anaerobe Bakte-

rien zu Methangas reduziert. Verglichen mit aerober Behandlung ist der Energiebedarf anaerober Verfahren um den Faktor 10 geringer und schwankt zwischen 0,07–0,1 kWh/kg CSB. Raumbelastungen bis zu 25 kg CSB/(m<sup>3</sup> · d) ermöglichen deutlich kleinere Reaktorvolumen. Anaerob erzeugte Biomasse kann als Impfschlamm für schnelle Inbetriebnahmen von neuen anaeroben Anlagen verkauft werden, somit fallen verglichen mit aerobem Schlamm keine bedeutenden Kosten für die Schlamm Entsorgung an.

Häufig werden für die Brauereiabwasserbehandlung anaerobe und aerobe Behandlung kombiniert. Als erstes wird auf einer kleinen Aufstellfläche der Großteil des CSB (70–85 %) in einem Anaerobreaktor zu Biogas umgewandelt. Im zweiten Schritt werden bis zu 98 % des CSB sowie Nährstoffe in einer aerob/anoxischen Nachbehandlung entfernt.

Eine positive Energiebilanz der anaeroben Abwasserbehandlung kann erreicht werden, wenn das erzeugte Biogas im Kessel der Brauerei oder einem Blockheizkraftwerk (BHKW) genutzt wird. Ob eine Nutzung des Biogases direkt im Kessel oder separat in einem BHKW die wirtschaftlichere Variante ist, muss im Einzelfall geprüft werden. Ein BHKW zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl elektrische Energie als auch Wärme erzeugt werden. In Deutschland wird die Vergütung des in einem BHKW erzeugten Stroms durch die gesetzlich festge-



**Bild 1.** Aufbau eines Biobed® EGSB Reaktors.

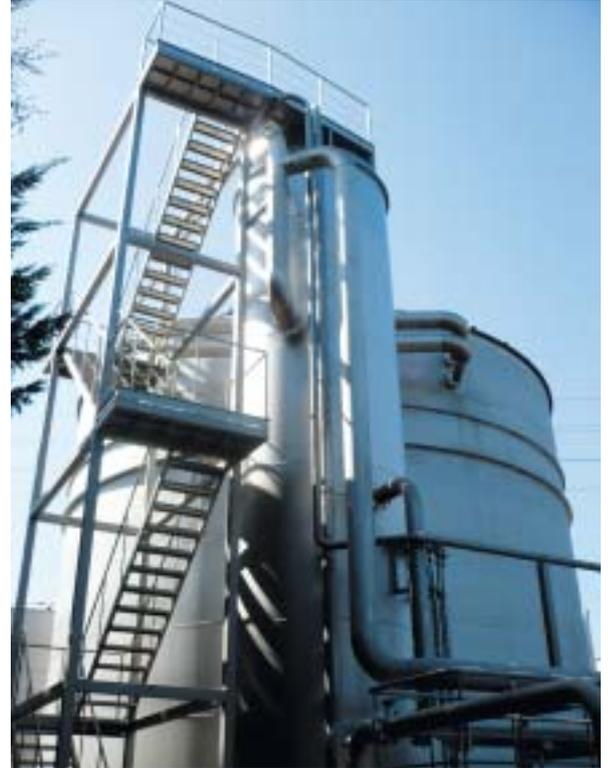
schriebene Einspeisevergütung gefördert. Dadurch kann sich die Investition in ein BHKW schneller rechnen als in Ländern in denen eine entsprechende Förderung nicht erfolgt. In Brauereien bietet sich meist eine Nutzung des Biogases im Kessel an, da somit keine Investitionskosten für ein BHKW sowie die etwas aufwändigere Gasreinigung für Nutzung des Biogases in einem BHKW anfallen. Durch Einsatz des Biogases im Kessel können konventionelle Brennstoffe teilweise ersetzt und entsprechende Kosteneinsparungen realisiert werden. Vor dem Hintergrund sich verknapptender fossiler Energieträger kann die anaerobe Abwasserreinigung in jedem Fall einen Beitrag dazu leisten, eine Brauerei unabhängiger von externen Energielieferanten zu machen und den Brauprozess nachhaltiger zu gestalten.

### Biobed® EGSB Technik

Unter den anaeroben Prozessen nehmen die kompakten Hochlasttechnologien mit granularer Biomasse wie UASB, EGSB und IC Reaktoren eine führende Position ein. Biothane, als Teil von Veolia Water Solutions & Technologies (VWS), hat weltweit mehr als 100 UASB (Mittellast) und EGSB (Hochlast) Systeme in Brauereien installiert.

**Bild 1** zeigt den Aufbau eines typischen Biobed® EGSB Reaktors von Biothane. Bevor das Abwasser in den Biobed® Reaktor eingeleitet wird, erfolgt in einem Konditionierungstank eine Optimierung der Abwasserparameter für die anaerobe

Behandlung. Die Parameter pH und Temperatur werden eingestellt und es können bei Bedarf Spurennährstoffe dosiert werden. Nach der Konditionierung wird das Abwasser in den Biobed® Reaktor gepumpt und durch ein spezielles Einlaufsystem gleichmäßig über den Reaktorboden verteilt. Das Abwasser strömt durch ein dichtes Bett anaerober granularer Biomasse, die typischerweise aus sich selbst bildenden pelletförmigen Körnern mit einem Durchmesser von 2–4 mm besteht. Der so genannte Pelletschlamm wird durch eine hohe Absetzgeschwindigkeit von >50 m/h und eine Dichte von 40–80 kg TS/m<sup>3</sup> charakterisiert. Am oberen Ende des Reaktors werden Biomasse, erzeugtes Biogas und gereinigtes Abwasser in einem Drei-Phasen-Abscheider voneinander getrennt. Das gereinigte Abwasser wird über den Konditionierungstank abgeleitet, wobei ein Teil des Ablaufstroms mit dem Zulauf vermischt wird. Produziertes Biogas wird über den Gasraum des Konditionierungstanks abgeleitet und der weiteren Verwertung zugeführt. Durch die Rezirkulation des Ablaufstroms und die Ableitung des ausgasenden CO<sub>2</sub> mit dem Biogasstrom wird im Konditionierungstank Alkalität freigesetzt, die den notwendigen Laugeverbrauch zur Neutralisation des Abwassers deutlich verringert. Da sowohl Konditionierungstank als auch der Biobed® EGSB Reaktor gasdicht und unter Druck betrieben werden, arbeitet das System geruchsfrei und ein extra Gasbehälter ist nicht zwin-



**Bild 2.** Biobed® EGSB Reaktor bei Unicer in Leça do Balio, Portugal.

gend erforderlich. Das Biogas kann teilweise direkt im Kessel oder nach einer Verdichtung in einem BHKW genutzt werden. Zusätzlich befindet sich in der Nähe einer Anaerobanlage immer eine Notgasfackel.

### Drei Anwendungsbeispiele der BIOBED® Technologie in Brauereien

Die **Unicer Brauerei** befindet sich in Leça do Balio, nahe der Stadt Oporto in Portugal. Da die verfügbare Fläche auf dem Brauereigelände limitiert ist, stellt die anaerobe Behandlung des Abwassers von Unicer eine gute Lösung dar. Der vorhandene anaerobe Biobed® EGSB Reaktor (**Bild 2**) kann auf einer Fläche von lediglich 113 m<sup>2</sup> bis zu 19,8 t CSB und 12,6 t BSB pro Tag behandeln. Vor dem Anaerobreaktor wird verbleibender Treber durch Siebung aus dem Abwasser entfernt. Nach der Siebung fließt das Wasser durch einen Lamellenklärer in dem Kieselguhr abgeschieden wird. Nach der Vorbehandlung wird das Wasser in einem Puffertank gesammelt. Von



### Fakten über Biogas- und Energiegewinnung aus Brauereiabwasser:

- Aus Brauereiabwasser können in einem Anaerobreaktor typischerweise 0,4–0,5 Nm<sup>3</sup> Biogas pro kg abgebauten CSB erzeugt werden.
- Biogas aus Brauereien enthält 70–85 % CH<sub>4</sub>, 15–30 % CO<sub>2</sub> und geringe Mengen H<sub>2</sub>S.
- 1 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> hat einen Energiegehalt von 35 MJ.
- Aus Brauereiabwasser mit einer durchschnittlichen CSB Konzentration von 4000 mg/L können somit ca. 39 MJ Brennstoffenergie pro m<sup>3</sup> Abwasser gewonnen werden

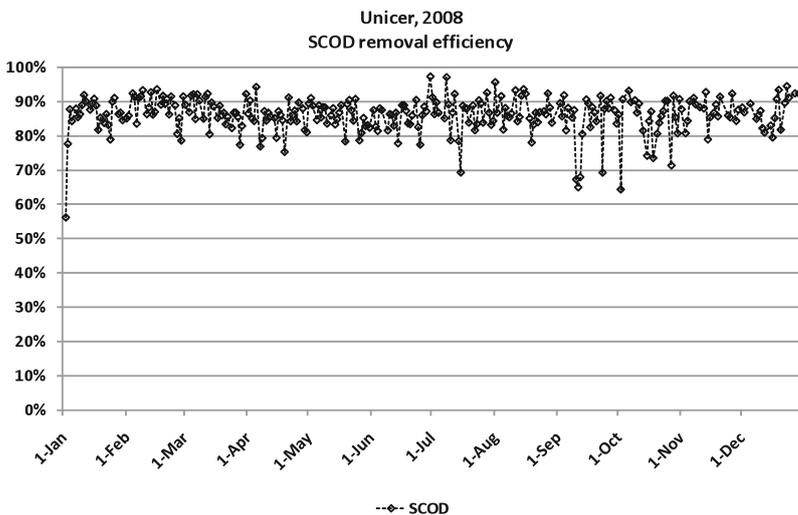
dort fließt das Abwasser in den Konditionierungstank und den Biobed® EGSB Reaktor, in dem ein Großteil des CSB zu Biogas umgewandelt wird. Das Abwasser wird in einem aeroben Sequencing Batch Reaktor (SBR) nachbehandelt um verbleibenden CSB, BSB und Nährstoffe

abzubauen. Behandeltes Abwasser wird mit einer Gesamt-CSB Ablaufkonzentration < 150 mg/L in den Fluss Leça eingeleitet. Seit der Inbetriebnahme im Sommer 2007 werden im Biobed® EGSB Reaktor durchschnittlich 85 % des gelösten CSB (TCOD) abgebaut (**Bild 3**).

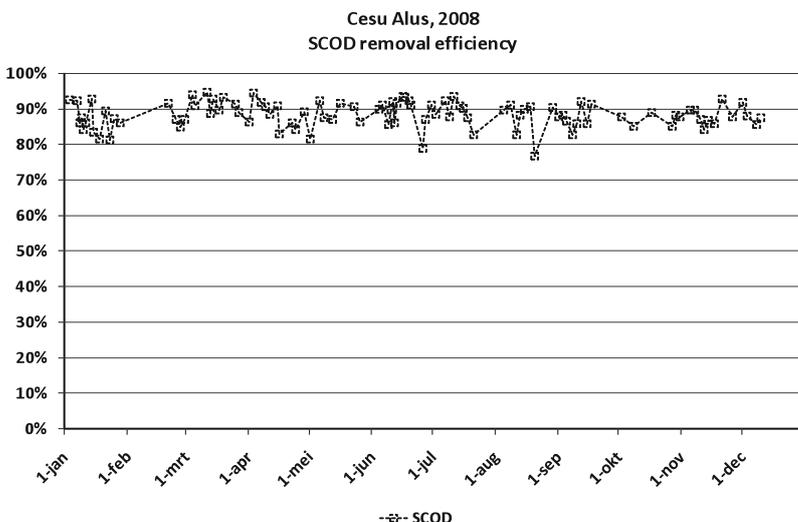
Seit dem Jahre 1590 hat die **Cesu Alus** Brauerei ihren Sitz in Cesis, Lettland, und ist die älteste Brauerei im Baltikum. Cesu Alus produziert ca. 30 % des Gesamtbierverbrauchs in Lettland. Im Jahr 2006 entschied sich Cesu Alus in eine leicht erweiterbare modulare EGSB Anlage (Modular Plant, MP) für die Behandlung seiner Abwässer zu investieren. Zu diesem Zeitpunkt wurden zwei MP-Reaktormodule installiert, jedes mit einem Volumen von 50 m<sup>3</sup>, angeschlossen an einen Konditionierungstank mit 10 m<sup>3</sup>. Da die Module vorgefertigt geliefert wurden dauerte die Montage auf der Baustelle lediglich wenige Wochen. Aufgrund der guten Funktion der Biobed®-Reaktoren und einer gesteigerten Auslastung der Brauerei wurde die Kapazität der Anaerobanlage 2008 durch zwei weitere Einheiten mit je 50 m<sup>3</sup> ergänzt. Alle vier Module sind an einen Konditionierungstank angeschlossen (**Bild 5** und **Bild 6**). Nach dem anaeroben Behandlungsschritt wird das Abwasser in einer Belüftungseinheit kurz aufgefrischt und dann in das öffentliche Kanalnetz der Stadt Cesis eingeleitet. Das erzeugte Biogas wird im Dampfkessel der Brauerei genutzt. Im Jahr 2008 betrug der durchschnittliche Abbaugrad des gelösten CSB (TCOD) in der anaeroben Abwasserbehandlungsstufe 85 % (**Bild 4**).

**Anheuser Busch (AB)** betreibt 12 Brauereien in den USA und die meisten nutzen Anaerobtechnologie.

**Bild 3.**  
Abbauleistung der Biobed® EGSB Anlage bei Unicer in Leça do Balio, Portugal.



**Bild 4.** CSB Abbauleistung im Biobed® EGSB Reaktor in der Cesu Alus Brauerei, Lettland.



**Bild 5.** Modulare EGSB Anlage bei der Inbetriebnahme in der Cesu Alus Brauerei, Lettland.



**Bild 6.** Modulare EGSB Anlage nach Verkleidung in der Cesu Alus Brauerei, Lettland.

gie zur Abwasserbehandlung. Im Jahr 2004 investierte die AB Brauerei in Merrimack, New Hampshire, in eine große anaerobe Hochlast-Kläranlage mit einer durchschnittlichen Behandlungskapazität von 28,4 t CSB/d und einer maximalen Tagesspitzenkapazität von 51 t CSB/d.

Treber und Überschusshefe werden bereits in der Brauerei effizient aus dem Abwasser entfernt. Aus diesem Grund reicht eine Siebtrommel als Vorbehandlung in der Betriebskläranlage aus. Der anaerobe Teil der Anlage besteht aus zwei Puffer/Konditionierungstanks mit insgesamt 1350 m<sup>3</sup> und zwei Biobed<sup>®</sup> EGSB Reaktoren mit je 950 m<sup>3</sup> (Bild 7). Erzeugtes Biogas wird komprimiert und im Kessel der Brauerei verwertet. Die anaerobe Abwasserbehandlung erzeugt genug Biogas um 10–15% des eingesetzten konventionellen Brennstoffs im Kessel der Brauerei zu ersetzen. Nach der anaeroben Behandlung wird das Abwasser in einer Belüftungseinheit kurz belüftet um Geruchsstoffe zu entfernen (Sulfid-Oxidation), bevor es in das öffentliche Kanalnetz eingeleitet wird. Im Zeitraum 2008–2009 wurden durchschnittlich 88% des gelösten CSB (SCOD) in der anaeroben Stufe entfernt (Bild 8).

#### Kontakt:

M.Sc. Jorien van Geest, Process Engineering,  
 Biothane Systems International,  
 Veolia Water Solutions & Technologies,  
 Tanthofdreef 21,  
 2623 EW Delft, Niederlande,  
 Tel. +31(0) 15 27 00 102,  
 Fax +31(0) 15 25 60 927,  
 E-Mail: jorien.vangeest@veoliawater.com,  
 www.biothane.com

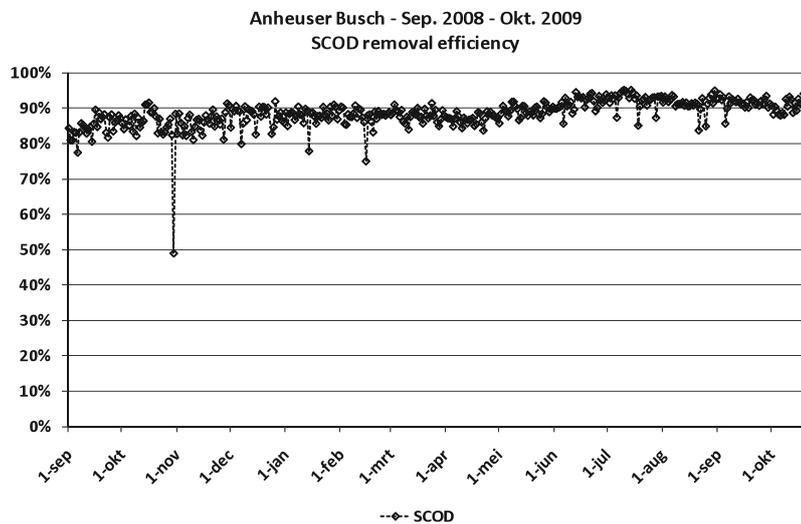
Dipl.-Ing. Christian Kiechle,  
 Vertrieb Industrielle Abwasserbehandlung,  
 Aquantis GmbH,  
 Veolia Water Solutions & Technologies,  
 Lise-Meitner-Straße 4a,  
 D-40878 Ratingen,  
 Tel. (02102) 99 754-0,  
 Fax (02102) 99 754-89,  
 E-Mail: aquantis@veoliawater.com

**Tabelle 1.** Auslegungsparameter der Biobed<sup>®</sup> EGSB Anlagen bei Unicer, Cesu Alus und Anheuser Busch.

	Abwassermenge	CSB-Fracht	Anlagentyp	Reaktorvolumen
	m <sup>3</sup> /d	kg/d		m <sup>3</sup>
<b>Unicer</b>	6000	19800	Biobed <sup>®</sup> EGSB	1320
<b>Cesu Alus</b>	600	3600	Biobed <sup>®</sup> MP	200 (4 x 50)
<b>Anheuser Busch</b>	8000–10700	28400–51000	Biobed <sup>®</sup> EGSB	1900 (2 x 950)



**Bild 7.**  
 Biobed<sup>®</sup> EGSB  
 Reaktoren in  
 Anheuser  
 Busch  
 Brauerei,  
 Merrimack,  
 USA.



**Bild 8.**  
 Abbauleistung  
 des gelösten  
 CSB der  
 Biobed<sup>®</sup> EGSB  
 Reaktoren in  
 Anheuser  
 Busch  
 Brauerei,  
 Merrimack,  
 USA.

**AQ AQUADOSIL<sup>®</sup>**  
 Wasseraufbereitung GmbH  
 Grasstraße 11 • 45356 Essen  
 Telefon (02 01) 8 61 48-60  
 Telefax (02 01) 8 61 48-48  
 www.aquadosil.de