

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 101 (2010)

Heft: 11

Artikel: Der Membran-Bio-Reaktor

Autor: Meier, Urs / Hersener, Jean-Louis

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856152>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

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

Der Membran-Bio-Reaktor

Ein neues Verfahren zur Steigerung der Effizienz bei der Vergärung von Gülle

Die Erzeugung von Methan für die nachhaltige Strom- und Wärmeerzeugung aus biologischen Abfällen gewinnt kontinuierlich an Bedeutung. Gülle stellt in der Schweiz das grösste Potenzial zur Biogasgewinnung dar. Hier besteht ein erhebliches Effizienzsteigerungspotenzial. Anhand des Membran-Bio-Reaktors (MBR) wird aufgezeigt, wie der Wirkungsgrad von Biogasanlagen erhöht werden kann.

Urs Meier, Jean-Louis Hersener

Drei Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz bestehen aus Grünland. Diese Fläche eignet sich ausgezeichnet für die Tierhaltung zur Produktion von Milch und Fleisch. Mit diesen beiden Produkten konnten 2008 rund 50% des gesamten Produktionswerts der Landwirtschaft von 11,3 Mia. CHF erwirtschaftet werden [1]. Die Tierhaltung mit 1,6 Mio. Grossviecheinheiten¹⁾ (GVE ≈ 1 Kuh) im Jahr 2008 verursacht jedoch auch einen beachtlichen Hofdüngeranfall. Jährlich fallen etwa

35 Mio. t in Form von Gülle an. Die Kosten für die Verwertung der Gülle, d.h. von der Lagerung über den Transport bis zur Ausbringung, können bis zu 15% und mehr des Faktoreinkommens eines landwirtschaftlichen Betriebs ausmachen.

Neben der Nahrungsmittelproduktion trägt die Landwirtschaft zu verschiedenen weiteren wichtigen Funktionen wie Landschaftsschutz, Artenvielfalt, Schließung von Stoffkreisläufen und in Zukunft vermehrt auch zur Bereitstellung von

Biomasse-Energie bei. Diese zusätzlichen Aufgaben können jedoch nur erfüllt werden, wenn die Wertschöpfung auf den verbleibenden Betrieben gesteigert wird. Neben der direkten Bereitstellung von Biomasse-Energie ist auch auf die Einsparung grauer Energie (N-Dünger) und den ressourcenschonenden Einsatz von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) zu achten.

Energie aus Biomasse

Die Vergärung von organischen Substanzen – Eiweißen, Fetten und Kohlenhydraten – ist ein mehrstufiger Abbauprozess, an dessen Ende das Biogas gebildet wird. Das Biogas besteht zu knapp zwei Dritteln aus Methan (CH_4) und zu einem Drittel aus Kohlendioxid (CO_2) sowie Restgasen. Das CH_4 kann in Motoren zu Wärme und Strom gewandelt werden.

Optimierungspotenzial

Bei konventionellen Biogasanlagen wird ein Teil der aktiven Bakterienmasse bei jeder Beschickung des Reaktors ausgeschwemmt (Bild 1 oben). Das «Rein-Raus-Prinzip» erscheint auf den ersten Blick simpel, reduziert aber die Leistungsfähigkeit des Verfahrens und führt zu langen Aufenthaltszeiten (> 20 Tage) mit entsprechend grossen Fermentervolumina. Das Gärsubstrat muss aus Emissionsgründen in einem Nachgärtank gelagert werden. Außerdem ist es nicht hygienisch einwandfrei. Die Ausbringung erfolgt mit den gleichen Einschränkungen wie normale, unvergorene Gülle. Dabei können hohe Ammoniakemissionen auftreten.

Effizienzsteigerung durch Membran-Bio-Reaktor

Das Prinzip des Membran-Bio-Reaktors (MBR) hingegen besteht darin, dass der Biogasfermenter mit einer nachgeschalteten Ultrafiltration (UF) betrieben wird (Bild 1 unten).

Bei der Ultrafiltration handelt es sich um einen druckgetriebenen Prozess. Die Filtration erfolgt nach dem Prinzip der Cross-Flow-Filtration. Die Rohflüssigkeit (Feed) wird dabei über die Membran ge-

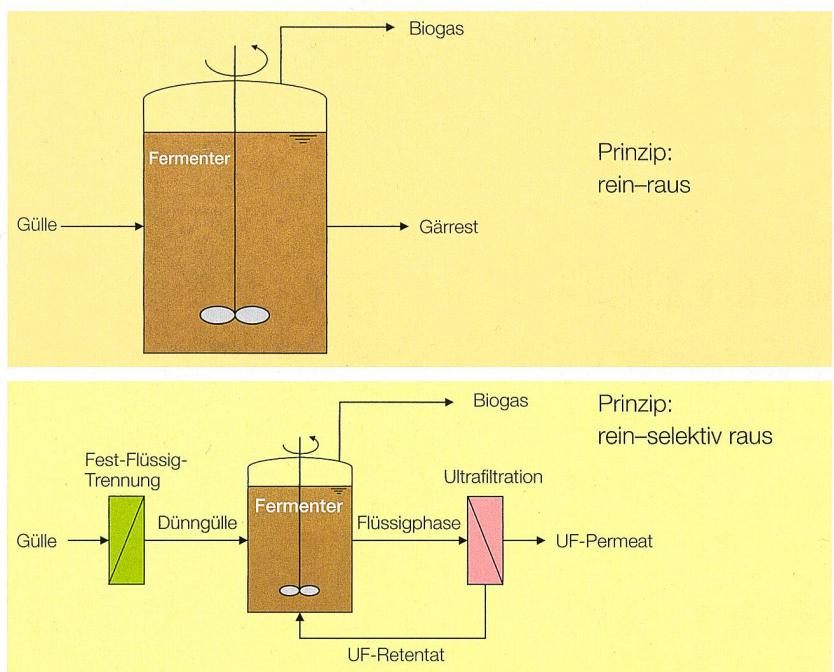


Bild 1 Vereinfachtes Schema der konventionellen Vergärung (oben) und des Membran-Bio-Reaktors MBR (unten). Die wichtigsten Merkmale beim MBR sind die Ultrafiltrationsstufe sowie die Vorbehandlung der Rohgülle.

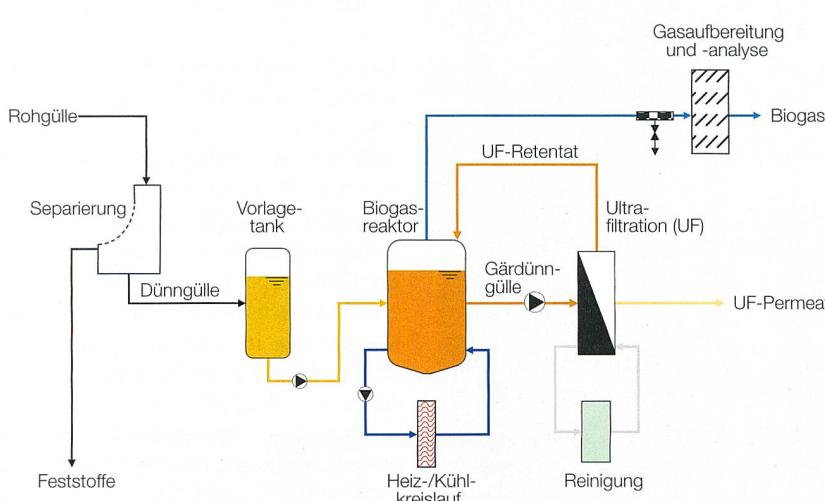


Bild 2 Skizze der halbtechnischen Versuchsanlage. Die gewonnenen Erkenntnisse können in Zusammenarbeit mit der Industrie direkt in den Praxismassstab umgesetzt werden.

pumpt, und gleichzeitig permeiert ein Teilstrom durch die Membran. Die konzentrierte Flüssigkeit wird UF-Retentat, die filtrierte Flüssigkeit UF-Permeat genannt.

Mit der Ultrafiltration werden aufgrund der geringen Porengröße der Membran die organischen Stoffe aus der Biomasse von Salzen und Wasser abgetrennt. Die abgetrennte, aktive Biomasse wird in den Fermenter zurückgeführt. Damit bleiben unter anderem die Methanbakterien im Fermenter, mineralisierte Substanzen («tote Bakterien») dagegen werden ausgeschleust.

Bei der Behandlung von Gülle erfolgt vorgängig vor der Biogasgärung eine Separierung. Die Dünngülle gelangt ohne

die Grobpartikel in die Vergärung. Es ist zu erwarten, dass dadurch ein schnellerer Abbauprozess mit höheren Gasausbeuten möglich wird. Die UF-Membran hält Keime zurück, sodass von einer Steigerung der Hygiene im Filtrat (UF-Permeat) ausgegangen werden kann.

Im Vergleich zu konventionellen Vergärungsverfahren wird das Gärsubstrat beim MBR mithilfe der UF stofflich aufbreitet. Salze, vor allem Ammonium- und Kalisalze, und Wasser gelangen durch die UF-Membran und können als UF-Permeat direkt als Flüssigdünger in der Landwirtschaft oder in der Paralandwirtschaft (Gemüse- und Gartenbau) verwendet werden.

Herstellung eines Handelsdüngers aus Gülle

Eine nachgeschaltete Weiterbehandlung des UF-Permeats mittels Umkehr- osmose (RO) ist ebenfalls möglich. Dabei werden die Salze von der RO-Membran zurückgehalten und konzentriert. Wasser passiert die Membran und lässt sich beispielsweise zu Reinigungszwecken verwenden. Die RO bringt weitere Vorteile wie Einsparungen beim Lagervolumen für die Flüssigdünger (bis zu 60%) sowie beim Transport- und Ausbringaufwand. Außerdem können die Nährstoffe effizienter eingesetzt werden. Die aufbereitete Düngerfraktion, das RO-Retentat, lässt sich mit der Ammoniakstripping zu einem Handelsdünger weiterbehandeln. Damit kann Abwärme genutzt werden, was den vielfach schlechten Wärmevernungsgrad auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen steigert.

Einige Grundbegriffe

Zur Charakterisierung des Gärprozesses dienen verschiedene Parameter. Die hydraulische Verweilzeit, abgekürzt HRT, ist die mittlere Aufenthaltszeit der Gülle im Fermenter und wird meist in Tagen (d) angegeben. Der Wert wird als $HRT (d) = \text{Menge an Gülle zugeführt (m}^3\text{)} / \text{Fermentervolumen (m}^3\text{)}$ berechnet. Die HRT im Membran-Bio-Reaktor unterscheidet sich nicht von der HRT in einem konventionellen Rührkessel.

Die Schlammaufenthaltsdauer (SRT) entspricht beim Rührkessel der HRT. Beim Membran-Bio-Reaktor hingegen kann aufgrund der Stofftrennung mittels der UF-Membran die SRT von der HRT entkoppelt werden. Beispielsweise beträgt die HRT 10 d und die SRT 20 d. Die SRT (d) berechnet sich aus der Menge an Fermenterinhalt (m^3) pro Schlammentnahmemenge (m^3).

Die Raumbelastung (RB) wird mit der zugeführten Substratmenge pro Fermentervolumen und Tag berechnet. In diesem Bericht wird die RB als die zugeführte Menge (kg) an organischer Substanz (OTS) pro Fermentervolumen (m^3) und Tag (d) angegeben.

Alle Angaben betreffend die Biogasmenge beziehen sich jeweils auf Normal-liter (NL).

Projekt und Beteiligte

In den Jahren 2004 und 2005 konnte mit finanzieller Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) die Eignung des MBR für den Einsatz mit Gülle abgeklärt und die grundsätzliche Machbarkeit



Jean-Louis Hesner

Bild 3 Ansicht der halbtechnischen MBR-Versuchsanlage. Zur Sicherstellung eines problemlosen Betriebs auch in den Wintermonaten ist die Anlage in einem isolierten Gebäude untergebracht.



Jean-Louis Hersener

Bild 4 Die Labor-MBR-Anlage. Auf dem Bild rechts ist die UF und links davon der Biogas-Reaktor zu sehen. Ganz links ist die Steuerung zu erkennen. Mit der Anlage an der ZHAW Wädenswil werden Fragen der Biologie und des Abbauprozesses untersucht.

Parameter	Einheit	Konventionelle Biogasanlage	MBR-Anlage
Anlagengrösse	GVE	900	900
Aufenthaltsdauer (HRT)	Tag	> 20	10
Schlammalter (SRT)	Tag	> 20	40
Gasausbeute	l/kg OTS	270	620
Raumbelastung (RB)	kg OTS/m ³ · d	< 1,5	< 1,4
Methangehalt	Vol.-% CH ₄	60 – 62	63 – 65
Methanertrag	m ³ CH ₄ /GVE	160	280
BHKW-Leistung	kW _{el}	75	125
Energieertrag elektrisch	kWh _{el} /GVE	620	1050
Energieaufwand für Betrieb	kWh _{el} /GVE	60	340
Energieertrag netto	kWh _{el} /GVE	550	700
Energieeffizienz System-Input	%	27,1	65,5
Gesamteffizienz	%	27,1	45,8
Fermentergrösse	%	100	50
Nachgärlagergrösse	%	100	< 10
Investitionsbedarf	Fr./GVE	1600.–	1400.–
Betriebskosten	Fr./GVE	250.–	400.–
Erlöse Strom	Fr./GVE	240.–	410.–
Wärmebonus	Fr./GVE	12.–	20.–

Bemerkungen: GVE = Grossvieheinheit, OTS = organische Substanz in der Trockensubstanz, d = Tag

Tabelle 1 Leistungs- und Kostenvergleich von konventioneller Vergärung von Rohgülle mit der Vergärung von Dünngülle im MBR-System.

des Verfahrens nachgewiesen werden [2]. Die verfahrens- und prozesstechnischen Anforderungen an das System müssen hingegen noch vertiefter abgeklärt werden. Dies erfolgt im laufenden Projekt MBR-II mit Unterstützung der Swisselectric Research (SER), des Axpo-Naturstromfonds, des Bundesamts für Energie (BFE) und des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) [3]. Das Projekt läuft seit

Ende 2008 und kann voraussichtlich gegen Ende 2012 abgeschlossen werden.

Neben der Industrie – Anlagenbau und Steuerungstechnik – sowie den beiden Ingenieurunternehmen (Ingenieurbüro Hersener, Meritec GmbH) ist die Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW), Fachgruppe Umweltbiotechnologie in Wädenswil, am Projekt beteiligt.

Konkrete Versuche

Für die Versuche wird Gülle aus der Rindvieh- und Schweinehaltung der Forschungsanstalt ART in Tänikon eingesetzt. Dabei handelt es sich um Mischgülle von Milchkühen und Mastschweinen zu je 50 Massenprozent. Die Separierung der Rohgülle erfolgt mit einem Bogensieb. Die Feststoffe fallen zurück in die Güllegrube. Die Dünngülle wird der MBR-Versuchsanlage vorgelegt. Die Versuchsanlage im halbtechnischen Massstab verfügt über ein maximales Nutzvolumen von 3000 l (Bilder 2 und 3). Im Vorlagetank wird die separierte Dünngülle zwischengelagert. Die direkt an den Reaktor angeschlossene UF filtert den Reaktorinhalt in eine Flüssigphase (UF-Permeat) und in ein Flüssigkonzentrat (UF-Retentat). Das UF-Retentat wird in den Reaktor zurückgeführt. Das UF-Permeat gelangt zurück in die Rohgüllegrube.

Zur Sicherstellung konstanter Betriebsbedingungen im Biogasreaktor steht eine Klimatisierung zur Verfügung, die mit einer separaten Umlözpumpe den Reaktorinhalt über einen Wärmetauscher entweder heizt oder kühlt.

Das produzierte Biogas gelangt über eine Gaskühlung und Kondensatabscheidung zur Gasmengen- bzw. Gasqualitätsmessung.

Für die Versuche werden keramische UF-Membranen mit einem Trennschnitt von < 100 kDa (Kilodalton) eingesetzt. Dies entspricht einer Porengröße, die unter 0,1 µm liegt. Es handelt sich um sogenannte Rohrmembranen. Diese Membranen haben sich in der Praxis bewährt. Die UF ist mit einer Reinigungseinheit ausgestattet.

Die MBR-Versuchsanlage ist mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) ausgerüstet. Sämtliche Messwerte werden laufend elektronisch erfasst und archiviert.

Die Erkenntnisse aus den Versuchen an der halbtechnischen Versuchsanlage können direkt in den technischen Massstab umgesetzt werden. Dazu hält das Projektteam mit den entsprechenden Anlagenherstellern engen Kontakt.

Für grundlegende Fragestellungen steht zusätzlich eine Labor-MBR-Anlage mit einem 30-l-Reaktor an der ZHAW zur Verfügung (Bild 4).

Resultate

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass das MBR-Verfahren dem konventionellen Biogasverfahren sowohl leistungs- als auch kostenmäßig überlegen ist.

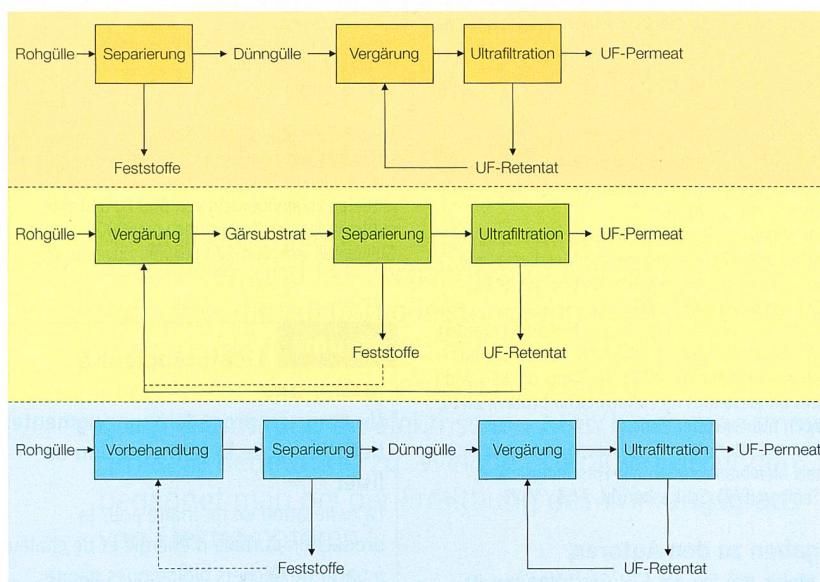


Bild 5 Konzepte zur Implementierung des MBR-Systems. Die grosse Flexibilität des MBR-Verfahrens ermöglicht es, unterschiedliche Lösungen anbieten zu können. Zudem kann die MBR-Technologie ideal mit neuen Prozessstufen, wie eine Desintegration als Vorbehandlung, kombiniert werden.

Parameter	Einheit	Rohgüle	UF-Permeat
Aerobe mesophile Keime	KbE/g	31 600 000	400
Enterobacteriaceen (Coliforme)	KbE/g	110 000	< 10
Enterokokken	KbE/g	60 000	< 10
Hefen	KbE/g	900	< 10
Schimmelpilze	KbE/g	4200	< 10
Escherichia coli	KbE/g	90 000	< 1
Staphylokokken koagulase positiv	KbE/g	< 100	< 10
Salmonella spp.	in 25 g	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Listeria spp.	in 25 g	positiv	nicht nachweisbar
Listeria monocytogenes	in 25 g	positiv	nicht nachweisbar
Buttersäurebakterien (Clostridien)	KbE/g	500	< 100
Anaerobe Sporenbildner	pro g	> 22 600	< 2,7
Bemerkungen: KbE = Keimbildende Einheiten; spp. = subspecies; SLMB = Schweiz. Lebensmittelbuch; ALP = Eidg. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux			

Tabelle 2 Hygieneuntersuchung von Rohgüle und UF-Permeat.

Vor allem die Gasausbeute und der Methanertrag liegen beim MBR mit über 600 l/kg OTS bzw. 280 m³ CH₄/GVE gegenüber 270 und 160 beim konventionellen Biogasverfahren deutlich höher. Die Energieeffizienz bezogen auf den Heizwert der OTS-Menge, die zur Vergärung gelangt, beträgt mehr als 65 % beim MBR. Da jedoch beim MBR die Feststoffe aus der Separierung nicht in die Vergärung gelangen, reduziert sich die Gesamteffizienz auf 45,8 % gegenüber 27,1 % bei der konventionellen Biogasanlage.

Bei der Wirtschaftlichkeit führen die Einsparungen aufseiten des Fermenters sowie des Nachgärlagers zu tieferen Investitionskosten pro GVE von CHF 1400

im Vergleich zu CHF 1600 bei der konventionellen Biogasanlage.

Die Betriebskosten sind hingegen beim MBR 60 % höher als bei der konventionellen Anlage. Verursacht werden diese Mehrkosten vor allem durch den Betrieb der UF.

Gesamthaft betrachtet können aber diese Mehrkosten beim MBR wegen der höheren Leistungsfähigkeit mehr als eingespart werden.

Aus wirtschaftlichen Gründen sind für beide Verfahren, die konventionelle Vergärung als auch der MBR, grosse Gummengen, rund 35 000 m³ pro Jahr, erforderlich. Deshalb ist bei der Vergärung von Gölle ohne Cosubstrate (Abfälle) ein

Urs Meier
überbetrieblicher Anlagenbetrieb notwendig.

Tabelle 2 zeigt die Daten aus den Hygieneuntersuchungen der Rohgüle und des UF-Permeats. Das UF-Permeat entspricht den Hygieneanforderungen eines Lebensmittels, wenn die Herkunft nicht bekannt wäre. Die Anforderungen an die Trinkwasserqualität werden nur bei den aerob mesophilen Keimen mit 400 keimbildenden Einheiten/g (KbE) gegenüber 300 KbE/g im Trinkwasser nicht erfüllt. Das UF-Permeat ist hygienisch einwandfrei und kann bei allfälligen Seuchen eine wirkungsvolle Sperre in der Übertragungskette sein.

Implementierung

Die Membrantrennung ist für die Aufbereitung von Gölle geeignet [4]. Diverse Membrantrennanlagen mit UF und RO (Umkehrosmose) zur Behandlung von Gölle bzw. Gärsubstrat konnten mittlerweile in der Praxis realisiert werden.

Das MBR-Verfahren ist verfahrenstechnisch machbar, und die Praxistauglichkeit wurde in den Versuchen mit der MBR-Versuchsanlage nachgewiesen.

In **Bild 5** sind drei verschiedene Konzepte zur Implementierung des MBR-Verfahrens dargestellt. Das oben aufgezeigte Konzept entspricht dem klassischen MBR mit einer direkt am Reaktor angeschlossenen UF. Nachteilig wirkt sich aus Sicht einer Energieertragsmaximierung der Verlust an OTS in Form der Feststoffe aus.

Das Konzept in der Mitte (**Bild 5**) beinhaltet eine konventionelle Vergärung der gesamten Rohgüllemenge. Die Behandlung mit der Separierung und UF erfolgt nachgeschaltet. Das UF-Retentat und, falls erforderlich, die Feststoffe werden in den Reaktor zurückgeführt. Die Leistungsfähigkeit betreffend produzierte Gasmenge liesse sich dadurch noch weiter steigern. Diese Variante ist vor allem beim Einsatz von Cosubstraten (Abfälle) sinnvoll.

Das unterste Konzept (**Bild 5**) erhöht die Effizienz der Vergärung noch weiter. Mit einer entsprechenden Vorbehandlung der Rohgüle mit dem Ziel, schwer abbaubare Substanzen wie unter anderem Zellulose und Lignin aufzuschliessen und damit der Vergärung zugänglich zu machen, liesse sich die Gasausbeute erhöhen.

Folgerungen

Nach derzeitigem Kenntnisstand kann über das MBR-Verfahren zur Vergärung

von Dünngülle Folgendes festgehalten werden:

- Aus verfahrens- und prozesstechnischer Sicht ist der MBR ein betriebssicheres Verfahren.
- Die höchste Gasausbeute mit 620 l/kg OTS wurde bei einer Aufenthaltsdauer von 10 Tagen und einem Schlammalter von 40 Tagen erzielt. Die Rohgülle erreicht dagegen 270 l/kg OTS bei einer Aufenthaltsdauer von 20 Tagen.
- Eine schnellere Vergärung mit einer Aufenthaltsdauer von bis zu 4 Tagen und einer Gasausbeute von knapp 300 l/kg OTS ist möglich.
- Einsparungen an Fermenter- und Nachgärvolumen von bis zu 80% und mehr sind erreichbar.
- Mit dem MBR-Verfahren ist im Vergleich zur üblichen Vergärung bei geringeren Güllemengen ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb möglich.
- Die Hygiene des UF-Permeats ist einwandfrei.
- Das MBR-System ist mehr als doppelt so leistungsfähig wie die konventionelle Vergärung.

Die Vorteile des Membran-Bio-Reaktors zeigen, dass diese Art der Biogas-

gewinnung künftig einen signifikanten Beitrag zur Erzeugung von Strom und Wärme aus Biogas liefern könnte.

Literatur

- [1] Agrarbericht 2009 des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW), Hrsg. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 296 S., 2009.
- [2] Hersener J.-L., Meier U., Membranbioreaktor, Forschung (MBR), Pilotanlage und Messkampagne, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), Schlussbericht, 48 S., 2007.
- [3] Meier U., Hersener J.-L., Phasenbericht: Vergärung von Mischnüngülle im BLW, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), der Axpo, der SER und des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW), 2010, noch nicht veröffentlicht.
- [4] Meier U., Hartmann Chr., Güllenaufbereitung mittels Membranrenntechnik, Forschungsanstalt Tänikon (FAT), Schlussbericht, 71 S., 1995.

Angaben zu den Autoren

Urs Meier, dipl. Ing. Agr. ETH, Geschäftsführer, ist seit mehr als 20 Jahren auf dem Gebiet der Umwelttechnik und Abwasserreinigung tätig. Die Behandlung organisch hochbelasteter Abwässer verbunden mit einer stofflichen und energetischen Nutzung bildet einen Schwerpunkt seines beruflichen Engagements.

Meritec GmbH, 8357 Guntershausen
urs.meier@meritec.ch

Jean-Louis Hersener, dipl. Ing. Agr. ETH, Agrarumwelt, NDS/HTL, Geschäftsführer. Er leitet diverse Forschungsprojekte im Bereich Landwirtschaft, Energie, Umwelt und bietet zusammen mit weiteren Fach-

leuten innovative Lösungen im Bereich der Biomasse-energie an.

Ingenieurbüro Hersener, 8542 Wiesendangen
hersener@agrenum.ch

¹⁾ Im Bereich der Gülleproduktion ist in der Landwirtschaft die Bezeichnung Grossvieheinheit (GVE) verbreitet. Eine GVE entspricht einer Milchkuh mit einem mittleren Lebendgewicht von 650 kg und einer mittleren Jahresmilchleistung von 6000 l und einem Gülleanfall von rund 22 t pro Jahr unverdünnt.

Résumé

Le bioréacteur à membrane

Un nouveau procédé pour augmenter l'efficience de la fermentation du lisier

La génération de méthane pour la production durable d'énergie et de chaleur à partir de déchets biologiques gagne constamment en importance. En Suisse, le lisier offre le plus grand potentiel pour la production de biogaz. Cette contribution explique la méthode de production d'énergie à partir de biomasse et montre comment la puissance des centrales à biogaz peut être augmentée à l'aide du bioréacteur à membrane (BRM).

No

Anzeige

Stromversorgung für Kraftwerk- und Industrieanwendungen

BENNING
World Class Power Solutions



Sicherheit durch Erfahrung

- Beratung
- Projekt-Engineering
- Gesamtanlagen + Batterien
- Überwachungslösungen
- Wartungsdienstleistungen



Benning Power Electronics GmbH • Industriestrasse 6 • CH-8305 Dietlikon • Tel. 044 805 75 75 • Fax 044 805 75 80 • info@benning.ch • www.benning.ch