

Biogaserzeugung aus Rest- und Abfallstoffen von Kreuzfahrtschiffen

J. Hudde und M. Orth

*Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V., Bützower Str. 1a, D-18239 Hohen Luckow,
www.biogas-maritim.ibz-hl.de*

Schlüsselwörter: Biogas, Anaerobtechnik, Schiffsabfall, Schiffsabwasser, Abwasserbehandlung, maritimer Umweltschutz, alternative Entsorgungstechnologien, Emissionsreduktion

Zusammenfassung: Das vom BMWI geförderte Netzwerk „Biogas Maritim“¹ zielt auf die Entwicklung technischer Lösungen zur energetischen Verwertung maritimer Abfälle ab. Potentielle Ressourcen dazu liegen vor allem in dem stark wachsenden Kreuzfahrtsektor. Moderne Schiffe erreichen heute Kapazitäten von über 5.000 Passagieren. Die anfallenden Abwasser- und Abfallmengen sind enorm und müssen umweltverträglich entsorgt werden – eine große Herausforderung für Reedereien. Beim IBZ Hohen Luckow e.V. arbeiten derzeit 12 Unternehmen und vier assoziierende Einrichtungen zusammen, um durch angepasste Biogastechnologien Schiffsabfälle zu verwerten und klimafreundlich unter Einhaltung rechtlicher Vorschriften zu entsorgen. Dadurch soll es gelingen, Emissionen zu reduzieren, Entsorgungskosten zu verringern und einen Beitrag zur umweltfreundlichen Energieversorgung zu leisten.

Summary: The technology network „Biogas Maritim“ is founded by the Federal Ministry of economy and technology and aims to the development of technological solutions for the energetic utilization of maritime wastes. Potential resources therefore are resulting in the rising cruise shipping sector. Today, modern cruise ships achieve capacities about 5.000 passengers. The accruing amount of food waste and waste water is enormous and should be disposed in an environmental friendly way - a big challenge for the cruise companies. Actual 12 companies and associated institutions are working together by the IBZ Hohen Luckow e.V. to utilize waste through adapted biogas technologies and dispose it in a climate friendly way in consideration of law regulations. Thus emissions should be reduced, disposing costs should be decreased and a contribution to the environment friendly energy supply should be given.

Motivation

Die Kreuzfahrtbranche erlebt derzeit ein starkes Wachstum. Gegenüber dem Jahr 2014 werden 2016 etwa 2 Millionen Passagiere mehr auf eine Kreuzfahrt gehen. Bei den Werften sind demnach viele Schiffsneubauten geordert, die in den kommenden Jahren gebaut und in Dienst gestellt werden sollen. Prognosen zur künftigen Branchenentwicklung sind tendenziell weiter steigend. Die wachsenden Passagierzahlen sind für den maritimen Wirtschaftssektor zwar positiv zu bewerten, führen aber auch zu steigenden Abwasser- und Abfallmengen an Bord der Schiffe, die umweltgerecht entsorgt werden müssen. Strenger werdende Umweltauflagen an Behandlungs- und Entsorgungsanlagen für diese Stoffe stellen Schiffsbetreiber vor große Herausforderungen. Zwar existieren praktikable Entsorgungsmöglichkeiten an Land und leistungsfähige Behandlungsanlagen an Bord, diese stoßen aufgrund strenger werdender Regularien allerdings allmählich an ihre Leistungsgrenzen, arbeiten aus energetischer Sicht z. T. ineffizient und sind kostenintensiv. Daher ist das Interesse an alternativen Entsorgungsmöglichkeiten seitens der Reedereien sehr groß.

Das IBZ Hohen Luckow e.V. (IBZ) beschäftigte sich in den vergangenen Jahren verstärkt mit der Verfahrens- und Produktentwicklung sowie der Prozessoptimierung im Bereich Biogas. Im Jahr

¹ FKZ: 16 KN052502

2012/2013 hat das IBZ gemeinsam mit der Kreuzfahrtreederei AIDA CRUISES eine Studie zum Biomassepotential an Bord eines Kreuzfahrtschiffes erarbeitet. Ziel war es den mengenmäßigen Biomasseanfall zu quantifizieren, dessen Energiegehalt zu ermitteln und geeignete Gasverwertungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Das Ergebnis zeigt, dass das energetische Biomassepotential von einem Schiff mit einer Kapazität von etwa 2.500 Passagieren mit der Leistung einer mittleren landwirtschaftlichen Biogasanlage zu vergleichen ist. Das Energiepotential im Hinblick auf die gesamte Kreuzfahrtbranche scheint daher enorm hoch. Darüber hinaus eignen sich die Stoffeigenschaften der anfallenden Biomasse hervorragend für den Biogasprozess. Die Trockensubstanzgehalte liegen bei etwa 15 % und eignen sich somit optimal für den Betrieb mesophiler Biogasreaktoren. Als Multitalent konnten für die Verwertung des erzeugten Biogases unterschiedliche Möglichkeiten aufgezeigt werden.

Die Studie machte jedoch deutlich, dass für die energetische Verwertung der biogenen Reststoffe von Kreuzfahrtschiffen neue angepasste technologische Lösungen zu entwickeln sind. Dies führte im Jahr 2015 zur Gründung des Netzwerkes „Biogas Maritim“, in dem sich die Netzwerkpartner das Ziel gesetzt haben sich den verschiedenen Herausforderungen für die Umsetzung von geeigneten Biogastechnologien erfolgreich zu stellen.

Herausforderungen der Abfallentsorgung von biogenen Reststoffen auf Kreuzfahrtschiffen

Derzeit wird das an Bord anfallende Abwasser durch leistungsfähige Kläranlagen gereinigt, bevor das Permeat ins Meer geleitet und der Abwasserschlamm gemeinsam mit den Speiseresten gesammelt, entwässert, energieintensiv getrocknet und im Incinerator an Bord verbrannt wird. Allerdings existiert aufgrund der entstehenden Abgasemissionen in geschützten Fahrgebieten, wie z.B. der Ostsee, ein Müllverbrennungsverbot. Der Incinerator kann also in bestimmten Fahrgebieten gar nicht betrieben werden. Der sogenannte Dried BioSludge muss in diesem Fall an Bord gelagert und landseitig im Hafen übergeben werden. Die Trocknung und Lagerung der Abfälle an Bord ist zusätzlich mit Geruchsemissionen und einem Brandrisiko verbunden. Um dies zu vermeiden, werden Lagerräume teilweise sogar gekühlt. Die Übergabe des getrockneten Bioschlammes im Hafen erfolgt an der Kaikante parallel der Passagiere und ist kostenintensiv. Alternativ werden Speisereste unzerkleinert in die Meere geleitet.

Die Abgabe des getrockneten Bioschlammes im Hafen erfolgt entsprechend der EU Hygienevorschrift VO (EG) Nr. 1069/2009 [1]. Demnach werden Abfälle hinsichtlich ihres Risikos für die Gesundheit von Mensch und Tier eingestuft. Küchenabfälle aus internationalem Verkehr werden der Kategorie 1 zugeordnet, die bedenklichste Stufe mit besonders hohen Entsorgungsanforderungen. Die Verordnung schreibt weiterhin die Möglichkeiten zur Entsorgung der Materialien vor. Demnach können Kat-1-Abfälle nicht energetisch genutzt werden und müssen in einer zulässigen Anlage verbrannt bzw. in einer genehmigten Deponie vergraben werden. In Mecklenburg Vorpommer existiert mittlerweile nur noch eine zulässige Deponie. Alternative Verarbeitungsmethoden sind in der Durchführungsverordnung VO (EG) Nr. 142/2011 verankert. Hier ist auch ein spezielles Biogasverfahren mit erhöhten Hygienisierungsstufen aufgeführt. Aus energetischer Sicht wird dieses Verfahren allerdings nicht als wirtschaftlich umsetzbar bewertet, da trotz der notwendigen Verbrennung des Gärrestes eine aufwendige Drucksterilisation mit anschließender Hydrolyse vorab gefordert wird. Eine bestehende Anlage, die nach diesem Verfahren arbeitet konnte bislang auch mit Unterstützung des Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei MV (LALLF) als zulassende Behörde nicht ausfindig gemacht werden. Die Abholung und Beseitigung der Abfälle lassen sich die zuständigen Entsorger teuer bezahlen. In Mecklenburg Vorpommer gibt es nur ein Unternehmen, das für den Transport und die

Entsorgung zugelassen ist. Die Reedereien bezahlen demnach teuer für die Abgabe eines Rohstoffs, der energiehaltig ist und eigentlich einen monetären Wert besitzt.

Laut MARPOL ANNEX V² dürfen unzerkleinerte Speisereste außerhalb der 12 Seemeilenzone immer noch über Bord gegeben werden. Für die Reedereien ist dies die bislang kostengünstigste Möglichkeit, diese Stoffe zu entsorgen - demnach auch die Häufigste. Da sie ihren Schiffsbetrieb aber so umweltgerecht wie möglich gestalten wollen, besteht großes Interesse an alternativen wirtschaftlichen Technologien, um Nährstoffeinträge in die Meere weitestgehend zu vermeiden.

Auch die Entsorgung des Abwassers stellt die Kreuzfahrtunternehmen vor große Herausforderungen. Anfang des Jahres hat der Meeresumweltausschuss der internationalen Schifffahrtsorganisation IMO³ neue Regularien zum Einleiten des Schiffabwassers beschlossen. Zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Ostsee enthalten die neuen Prüfvorschriften für Abwasseraufbereitungsanlagen (MEPC.227(64)) erstmals verbindliche Einleitgrenzwerte für Phosphor und Nitrat [4]. Schiffsneubauten müssen diese Grenzwerte ab 2019, Bestandsanlage ab 2023 einhalten [5]. Hinsichtlich der Einhaltung dieser Grenzwerte ist es erforderlich bestehende Anlagen an Bord weiter zu entwickeln, bzw. alternative Entsorgungspfade zu erschließen. Alternativ können Passagierschiffe ihr Abwasser künftig auch an so genannte Port Reception Facilities abgeben, spezielle Auffangeinrichtungen in den Häfen zur Übernahme des Schiffabwassers. Da hinsichtlich der Unsicherheiten über das mengenmäßige Aufkommen von Schiffabwasser in den einzelnen Häfen entsprechende Anlagen überhaupt noch nicht existieren, ist das Interesse an alternativen Behandlungs- und Entsorgungsmöglichkeiten seitens der Reedereien und Häfen sehr groß.

Strategien des Netzwerkes zur Umsetzung alternativer Entsorgungswege

Die Netzwerkpartner verfolgen verschiedene Strategien, um die maritimen Abfälle energetisch unter Nutzung der Biogaskonversion zu verwerten. Dabei handelt es sich zum einem um eine landseitige Lösung bei der möglichst wenig Modifizierungen an Bord notwendig sind und der Großteil der Behandlungs- und Entsorgungstrecke an Land erfolgt. Zum anderen soll eine kombinierte Bordanlage entwickelt werden, die für Schiffsneubauten geeignet ist.

Die Entwicklung der technischen **Lösung an Land** erfolgt in Zusammenarbeit mit dem LALLF als zulassende Behörde. Dabei steht die Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere der EG (VO) Nr. 1069/2009 im Vordergrund. Inhalt ist die Erprobung eines Biogasverfahrens mit anschließender Verkohlung des Gärrestes. Schwerpunkt des Vorhabens liegt in der Nachweisführung der hygienischen Unbedenklichkeit. Nach erfolgreicher Umsetzung besteht das Ziel, das entwickelte Verfahren in die EG (VO) Nr. 142/2011 als alternative Verarbeitungsmethode aufzunehmen. Auf diese Weise kann die Genehmigung entsprechender Anlagen zur Verwertung von KAT-1-Material Eu-weit nach einem einheitlichen Verfahren erfolgen. Entsprechende Anlagen könnten beispielsweise in Nähe großer Kreuzfahrthäfen errichtet werden und die Abfälle mehrerer Schiffe entgegen nehmen. Eine Anforderung liegt hier aber in dem saisonalem Aufkommen der Abfälle. Dazu wird u. a. auch an einem Verfahren zur Überbrückung langer Hungerphasen während des Winterbetriebes mit geringem Biomasseaufkommen gearbeitet. Darauf aufbauend bieten diese Anlagen auch Chancen für die Abfallentsorgung von Flusskreuzfahrtschiffen, die den gleichen

² Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe

³ International Maritime Organisation

rechtlichen Einschränkungen unterliegen, sobald sie die Grenzen überfahren. Denkbar wären hier Biogasanlagen mit Standortnähe zu Knotenpunkten viel befahrener Kreuzfahrtrouten.

Zur Umsetzung einer **Lösung an Bord** arbeiten die Netzwerkpartner derzeit an einer modifizierten Abwasserbehandlungsanlage kombiniert mit einer Anaerobstufe. Diese soll gemeinsam Abwasserschlamm und Speisereste an Bord behandeln und könnte zur Reduzierung des Überschussschlammes führen, zur Einhaltung der geforderten Grenzwerte für das Einleiten von Abwasser in die Meere beitragen, das Einleiten von Speiseresten in die Meere verringern und so die Umwelt entlasten. Darüber hinaus soll ein Beitrag zur regenerativen Energieerzeugung und Verbesserung der Energieeffizienz und somit der Wirtschaftlichkeit betreffender Schiffsbetriebsanlagen geleistet werden. Der Biogasreaktor muss hierzu an die Anforderungen des Schiffsbetriebs angepasst und möglichst kompakt gestaltet sein sowie hoch effektiv arbeiten. Neben der Einbindung der Anlage in das bestehende Entsorgungskonzept sind vor allem Sicherheitsfragen für den Umgang mit Biogas an Bord zu klären.

Für die Übertragung der Technologien, v. a. zur Vernetzung wichtiger Akteure wie Häfen, Kreuzfahrtunternehmen und Werften, arbeiten die Netzwerkpartner darüber hinaus in einem EU-Projekt im Rahmen der EU-Strategie der Ostseeregionen (EUSBSR) zusammen.

Potentiale alternativer Entsorgungswege

Die Vorteile der Anaerobtechnik zur Behandlung und Entsorgung der Abfälle von Kreuzfahrtschiffen sind sehr vielfältig. So fallen beispielsweise auf einem Kreuzfahrtschiff mit 2.500 Passagieren täglich etwa 7 Tonnen Speisereste an [3]. Hinzu kommen weitere energiereiche Fraktionen wie Schlämme aus der Abwasserbehandlung oder verschiedene Fettfraktionen. Das energetische Potential wird auf etwa 400 kW Feuerungsleistung geschätzt. Allein auf der Ostsee finden jedes Jahr ca. 350 Kreuzfahrten mit 2.100 Hafenbesuchen statt. Das energetische Potential wird auf etwa 20.000 MWh je Jahr geschätzt. Hinzu kommen Potentiale zur Kosteneinsparung, die sich aus der Modifizierung des bestehenden Entsorgungskonzepts ergeben, wie die Energieeinsparung für die energieintensive Trocknung an Bord oder Kosten für die Entsorgung des getrockneten Bioschlammes an Land. Das Potential zur Kosteneinsparung je Schiff liegt bei etwa 160.000 € je Jahr. Die Leistungsseite könnte durch die Verwertung des erzeugten Biogases etwa um weitere 190.000 € je Jahr erhöht werden. Dabei wurde die Substitution von MDO⁴ als Kraftstoff durch Biogas sowie weitere Annahmen wie Kraftstoffpreise und Heizwerte zugrunde gelegt. Eine sinnvolle Verwertung des Biogases an Bord liegt in der Nutzung als thermische Hilfsenergie. Ersten Abschätzungen zu Folge könnten etwa 4-6 % der aktuellen Kesselleistung mit Biogas bereitgestellt werden. Auch die ökologischen Vorteile sind beachtlich. Die Umstellung auf das Biogasverfahren hätte die Einsparung von Treibhausgasemissionen in Höhe von etwa 925 t CO₂ je Jahr und Schiff zur Folge.

Ausblick

Das Netzwerk Biogas maritim besteht derzeit aus 12 Unternehmen. Darunter befindet sich auch das Kreuzfahrtunternehmen AIDA CRUISES, das als erstes Unternehmen Möglichkeiten zur Anwendung einer Bordbiogasanlage untersucht. Darüber hinaus wird das Netzwerk durch korrespondierende Einrichtungen, wie dem Fachverband Biogas oder der Hafen- und Entwicklungsgesellschaft Rostock unterstützt.

⁴ Marine Diesel Oil

Bis eine erste Pilotanlage an Bord eines Kreuzfahrtschiffes bzw. in einem Kreuzfahrthafen installiert werden kann, ist es nach Einschätzung der Netzwerkmanager noch ein weiter Weg. Die Realisierung wird erst in ein paar Jahren nach ersten erfolgreichen Untersuchungsergebnissen erfolgen. Zunächst gilt es die Voraussetzungen und angepassten Verfahren zu schaffen, um v. a. den rechtlichen Rahmenbedingungen aber auch den Anforderungen der Anlagen für den Betrieb an Bord und an Land gerecht zu werden.

Nach erfolgreicher Umsetzung stehen technische Lösungen zur Reduzierung von Schiffsemissionen, insbesondere der Reduzierung von Luftschadstoffen und Nährstoffeinträgen in die Meere, zur nachhaltigen Energieerzeugung und zur Effizienzsteigerung sowie Kosteneinsparung zur Verfügung.

Quellen

- [1] VO (EG) Nr. 1069/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 (Verordnung über tierische Nebenprodukte)
- [2] EG (VO) Nr. 142/2011 der Kommission vom 25. Februar 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte sowie zur Durchführung der Richtlinie 97/78/EG des Rates hinsichtlich bestimmter gemäß der genannten Richtlinie von Veterinärkontrollen an der Grenze befreiter Proben und Waren
- [3] Hudde, J., Orth, M.: Anaerobe Abwasser- und Abfallbehandlung an Bord eines Kreuzfahrtschiffes der Reederei AIDA CRUISES, Hohen Luckow 2012/2013
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Die Ostsee wird das erste Sondergebiet nach MARPOL Anlage IV, 2016
- [5] Helcom, 2015: Baltic Sea Sewage Port Reception Facilities, Helcom Overview 2014



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Kontakt:

IBZ Hohen Luckow e.V.
Bützower Str. 1a
18239 Hohen Luckow

www.ibz-hl.de
ibz@ibz-hl.de