

MATERIALALTERNATIVEN FÜR FERMENTER-DECKEN AUS FICHTEN- ODER TANNENHOLZ IN CHEMISCH AGGRESSIVER UMGEBUNG

Einleitung

Die fossilen Energieträger werden früher oder später ausgebeutet sein. Als alternative Energielieferanten wurden in den letzten 20 Jahren in Deutschland viele Biogasanlagen gebaut, so dass in 2014 ca. 8000 Anlagen in Betrieb waren [1]. In den letzten Jahren sind Schadensfälle aufgetreten, bei denen die Holzbalkendecken (Abb. 2) in Biogasfermentern und Nachgären versagten [2].



Abb. 1 Biogasanlage Vogelperspektive [3]

Abb. 2 Ansicht Holzdeckenkonstruktion [4]

Biogasanlagen

Die heutigen Biogasanlagen (Abb. 1+2) werden aus Stahl, Holz und Stahlbeton gebaut. Biogas ist ein Stoffgemisch aus verschiedenen Bestandteilen. Insbesondere Schwefelwasserstoff und Ammoniak (Abb. 3) sind korrodierende Gase, die zur Bildung einer chemisch aggressiven Umgebung beitragen [5].

Bestandteil	Charakteristik	Anteil [%]
Methan CH ₄	Hauptenergieträger	55 – 75
Kohlenstoffdioxid CO ₂	Volumenbildner	35 – 45
Schwefelwasserstoff H ₂ S	Korrosionsbildner	0,1 – 1
Stickstoff N ₂	Emissionsverursacher	< 2
Wasserstoff H ₂	Energieträger	< 1
Ammoniak NH ₃	Korrosionsbildner	< 1
Sauerstoff O ₂	Volumenbildner	< 2
Chloride, Fluoride	Schadstoffe	In Spuren
Wasser H ₂ O	Energieverbraucher	2 – 7

Abb. 3 Biogasbestandteile [5]

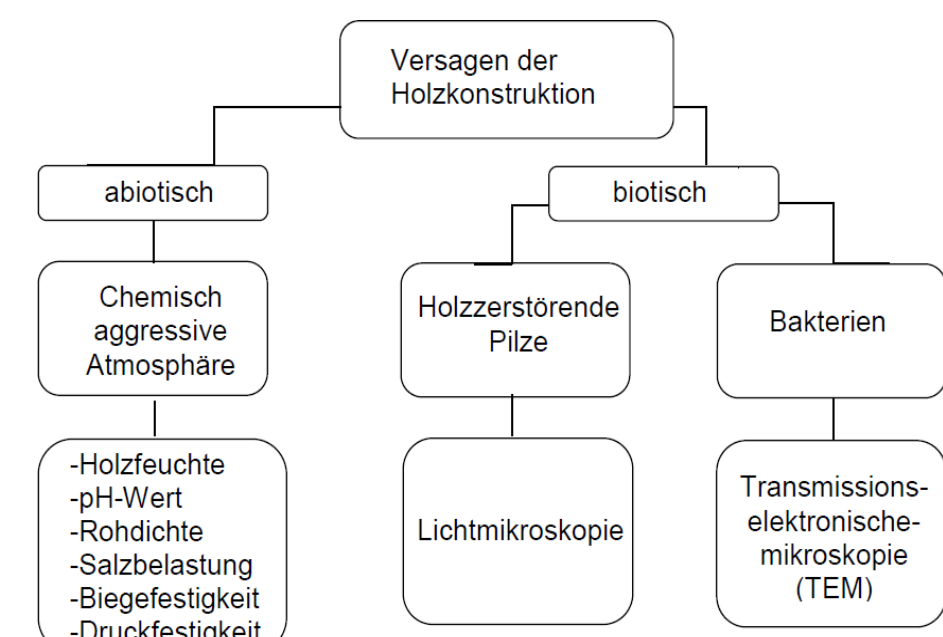


Abb. 4 Untersuchungsübersicht [6]

Untersuchungen an Deckenkonstruktionen

In den bisherigen Schadensfällen wurden verschiedene Parameter untersucht (Abb. 4), um die Versagensursachen zu ermitteln. Nach bisherigem Kenntnisstand können biotische Ursachen ausgeschlossen werden. Extrem erhöhte Salzgehalt und eine pH-Wert Verschiebung im Holz zu sauren Werten weisen auf einen chemischen Angriff hin. Fichtenholz aus einem Biogasfermenter zeigte ein ungewöhnlich kurzfasriges Bruchbild (Abb. 8).

Ausgewählte Umgebungsfaktoren im Fermenter

In einem Fermenter oder Nachgärer treffen viele Umgebungsfaktoren gleichzeitig aufeinander. Sie können physikalischer, chemischer und biologischer Natur sein. In dieser Arbeit wurde in Laborsimulationen speziell auf Temperatur, Feuchte und die chemisch aggressive Atmosphäre eingegangen.

Werkstoffvarianten für tragende Deckenkonstruktionen in Fermentern

Nach Literaturrecherchen wurden verschiedene Baustoffe ausgewählt, die in einer chemisch aggressiven Atmosphäre potenziell beständig sind. Kiefernholz sowie wachsmodifiziertes Holz könnten solche alternative Materialien darstellen. Faserverbund-Kunststoffe (FVK), welche aus einem Gemisch aus Fasern, Kunststoff (Matrixsystem) und Zusatzstoffen bestehen, stellen eine Stoffgruppe dar, bei der die Zusammensetzung speziell auf das Einsatzgebiet ausgerichtet werden kann. Glasfaser- (GFK) und Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) sind zwei Vertreter.

Experimentelle Untersuchungen von Werkstoffen

Die Untersuchung der Materialien erfolgte hinsichtlich der Veränderung der Biegefestigkeit, dem Biege-Elastizitätsmodul (E-Modul) und der Zunahme des Feuchtegehalts unter Berücksichtigung verschiedener Einflüsse. Die Materialproben wurden in Anlehnung an die DIN 52186 Biegeversuch (Holz) und DIN EN ISO 178 Faserverstärkte Kunststoffe geprüft [7, 8]. Die Prüfung ist mittels 3-Punkt-Biegeversuch durchgeführt worden.

Vorversuche zur Säurebeständigkeit

Für die Vorversuche standen Kiefer, wachsmodifiziertes Holz und GFK zur Verfügung. Um möglichst schnell eine Reaktion der Materialproben zu erhalten, wurden sie in verdünntem Königswasser (1:1) bei ca. 20 °C gelagert.

Die Vorversuche ergaben, dass das Kiefern- und wachsmodifiziertes Holz vergleichbar auf Königswasser reagieren. Das GFK zeigte anfänglich eine starke Verringerung der Biegefestigkeit, stabilisierte sich dann aber.

Einfluss von Säure und Wasser auf ausgewählte Werkstoffe

Es wurden CFK, GFK, Kiefern- und wachsmodifiziertes Holz untersucht. Die Materialproben wurden in verd. Königswasser (bei ca. 20 °C) und in dest. Wasser (bei ca. 20 und 40 °C) gelagert. Die Beprobung erfolgte nach 14, 21 und 28 Tagen Lagerung. Die Königswasserbeständigkeit wurde über die Parameter Biegefestigkeit und E-Modul ermittelt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse aus den Vorversuchen von Kiefern- und wachsmodifiziertem Holz wurden bestätigt. Beide Materialien weisen eine vergleichbare Königswasserbeständigkeit auf. Nach 28 Tagen reduzierte sich die Biegefestigkeit der Holzmaterialproben um ca. 80%, bei GFK um ca. 50% und CFK um ca. 10% (Abb. 5).

Die Feuchteaufnahme des wachsmodifizierten Holz war ca. 15 M.-% geringer als bei Kiefernholz. CFK (ca. < 1 M.-%) und GFK (ca. 4 M.-%) nahmen nur sehr wenig Feuchtigkeit auf (Abb. 6).

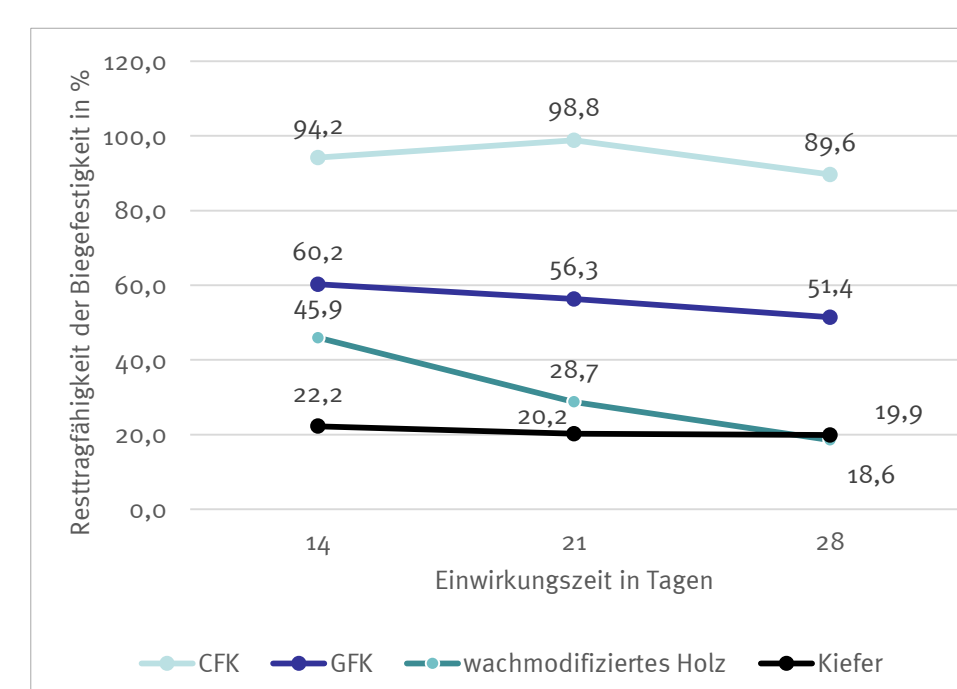


Abb. 5 Resttragfähigkeit der Biegefestigkeit bei Lagerung in Königswasser

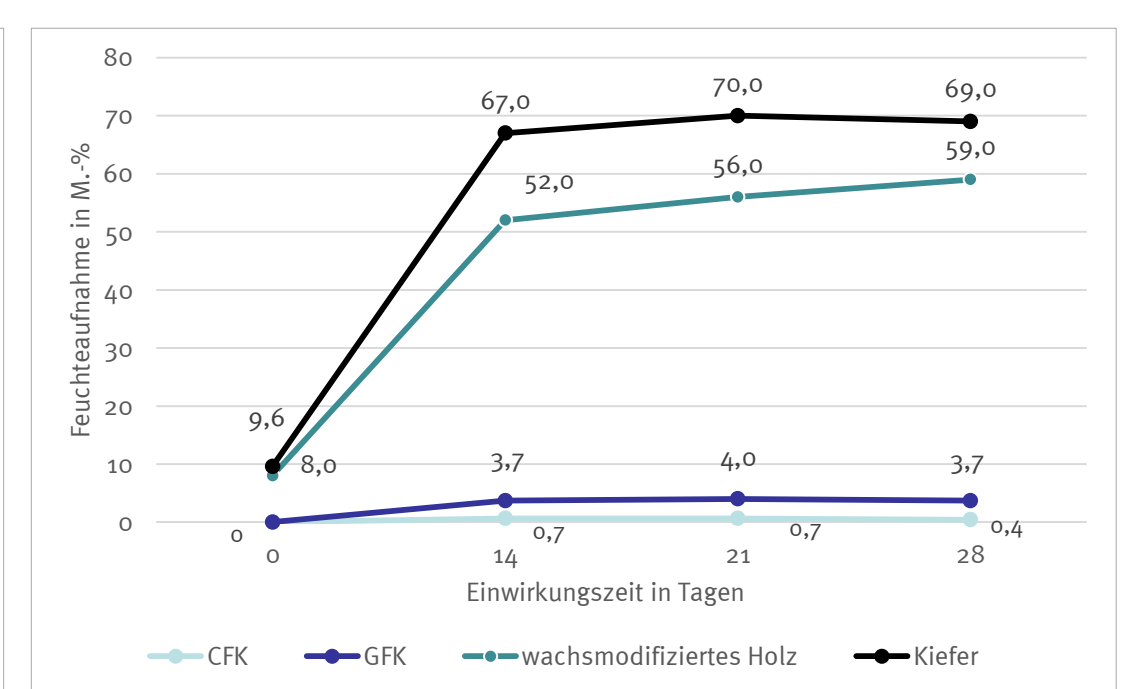


Abb. 6 Feuchteaufnahme bei Lagerung in Königswasser

Das kurzfasrige Bruchbild der königswassergelagerten Holzmaterialproben ist vergleichbar mit anderen untersuchten Holzbalken aus Biogasfermentern (Abb. 7 + 8).



Abb. 7 Kurzfasriges Bruchbild von wachsmodifiziertem Holz nach Lagerung in Königswasser



Abb. 8 Kurzfasriges Bruchbild an Fichtenholz aus einem Biogasfermenter

Fazit

Die beprobten Materialien GFK, CFK, Kiefern- und modifiziertes Holz (insgesamt 425 Stück) könnten Alternativen zu dem Einsatz von Fichten- und Tannenholz in Biogasfermentern darstellen. Nach den Ergebnissen der Laboruntersuchungen und des Materialkostenvergleichs ist CFK am besten geeignet. Inwieweit die Königswasserlagerung der Probematerialien die Umgebungsbedingungen in einem Biogasfermenter oder Nachgärer abbildet, muss als Arbeitshypothese noch bestätigt werden.

Literatur:

- [1] Statista: URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/167671/umfrage/anzahl-der-biogasanlagen-in-deutschland-seit-1992/> (Stand 15.09.2015 08:30 Uhr)
- [2] von Laar, Claudia : Schadensfall Holzbalkendecke – Materialzerstörung in einem Biogasfermenter. Der Bausachverständige 6, 2013, 12-18
- [3] Luftbild Biogasanlage URL: <http://www.m-klaukien.de/3.html> (Stand 15.09.2015 10:45 Uhr)
- [4] Konstruktion.de: URL: http://www.konstruktion.de/antriebstechnik/elektrische-antriebsrechnik/antriebsloesungen-im-bereich-erneuerbare/attachment/fermenter_innen_300 (Stand 09.09.2015 21:30 Uhr)
- [5] Zölsmann, Herbert; Fischer, Stefan; Mielke, Andreas: Emissionen minimieren und Gasqualität maximieren – Störstoffe im Biogas!. URL: http://www.eti-brandenburg.de/fileadmin/user_upload/downloads_2013/2013-04-25/Zoelsmann-Stoerstoffe_im_Biogas.pdf (Stand 15.07.2015)
- [6] von Laar, Claudia : Korrosionserscheinungen an Holzdecken. Biogasjournal, Sonderheft 8, Anlagensicherheit, 17. Jahrgang, 2014, 48-52
- [7] DIN 52186:1978-06: Prüfung von Holz – Biegeversuch
- [8] DIN EN ISO 178:2013-09: Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften

Betreuerin Prof. Dr. rer. nat. Claudia von Laar
Bereich Bauingenieurwesen
Lehrgebiet Baustoffkunde und Bauchemie

Bearbeiter B.Eng. Uwe Antoscheck

Abschlussart Master-Thesis, WS 2015



Hochschule Wismar
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Phillip-Müller-Straße 14
23966 Wismar
Tel.: 03841 753-0

www.hs-wismar.de