Laboranalyse von Holz und dessen Eigenschaften nach einer Lagerung in aggressiven Lösungen

Bachelor-Thesis

Bild 4: Dachbalkenabschnitte aus einem Fermenter (v.l.n.r.): Balkenmittel und –endstück

Bild 5: Verwendete Prüfkörper unterschiedlicher Abmessungen

Bild 6: Verfärbung des Fichtenholz durch die Tränkung (v.l.n.r.): Trocken, Tränkung mit Wasser, Ammoniumhydroxid pH=10 und pH=12

Bild 7: Eindringtiefe und Verfärbung des Fichtenholz durch die Tränkung mit Ammoniumhydroxid pH=12

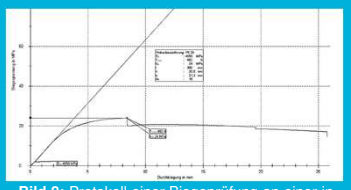

Bild 8: Protokoll einer Biegeprüfung an einer in Base pH=12 gelagerten Probe [5]

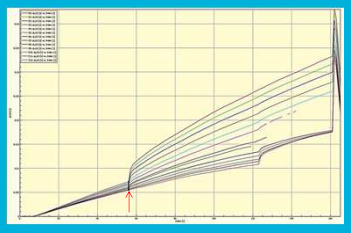

Bild 9: Diagramm zur elastischen (l.) vor und plastischen „unechten" Dehnung (r.) nach dem Erreichen der Bruchspannung (roter Pfeil)

Quellen:

[1] Veröffentlichung vom Fachverband Biogas: Biogas Branchenzahlen 2016 https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167671/umfrage/anzahl-der-biogasanlagen-in-deutschland-seit-1992/, 09.01.2018, Veröffentlicht 10.2017

[2] Krause, Detlef: Schäden an tragenden Holzbauteilen in Biogasanlagen http://dgkrause.de/cmsupload/pdf/Biogasanlagen_SE_2-2013.pdf, veröffentlicht in Schützen & Erhalten, Fachzeitschrift des DHBV e.V., Nr. 2/2013, S. 9-10, 15.02.2018

[3] Von Laar, Claudia: Schadenfall Holzbalkendecke - Materialzerstörung in einem Biogasfermenter. In: Der Bausachverständige, Juni 2013

[4] Biogas: http://www.chemie.de/lexikon/Biogas.html#Zusammensetzung, 15.02.2018

[5] Prüfprotokolle der durchgeführten Versuch ausgegeben durch das Mess- bzw. Herstellerprogramm von Zwick/Roell für die Universalprüfmaschine Z020

Einleitung

Biogas zählt heute zu den wesentlichsten erneuerbaren Energieressourcen, weshalb es in Deutschland derzeit (Okt. 17) ca. 9350 Biogasanlagen gibt [1]. In den vergangenen Jahren kam es vermehrt zur Meldung von Schadensfällen an den Dachkonstruktionen von den Gebäuden einiger dieser Anlagen nach unterschiedlichsten Standzeiten. Der Baustoff Holz gilt allgemein als sehr beständig gegenüber den meisten Chemikalien, weshalb es auch in vielen Sonderbauten wie den Fermentern von Biogasanlagen zum Einsatz kommt. Da es trotz der Beständigkeit des Materials zu Schädigungen kam, wird sich seither mit der Ergründung der Ursache beschäftigt. Es konnte bisher herausgefunden werden, dass der Schadensmechanismus durch die komplexen Vorgänge in der Anlage und die vielseitige Zusammensetzung des Biogases multifaktoriell ist. Neben Untersuchungen an Proben aus einem Fermenter erfolgten auch schon diverse Laborversuche zur Ergründung der Wirkung einiger Chemikalien, die sich in der Atmosphäre eines Fermenters bilden können, auf Holz [2]. Da zum einen ca. 1% Ammoniak im Biogas [4] sowie hohe Feuchtegehalte im Fermenter vorhanden sind und zum anderen wissenschaftliche Untersuchungen das Vorhandensein von Ammonium-Ionen im Holz aufzeigten [3], gehört auch das basische Ammoniumhydroxid NH_4OH dazu. Dessen Einfluss auf Fichtenholz wurde nun untersucht.

Laborversuche

Aus Fichtenholz und Dachsparrenabschnitten eines Fermenters wurden Prüfkörper unterschiedlicher Abmessungen (s. Bild 5) entsprechend der durchzuführenden Versuche erstellt und nach deren Einlagerungen auf ihre Eigenschaften untersucht (s. Bild 1).

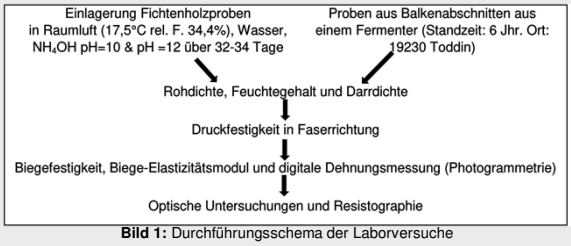

Bild 1: Durchführungsschema der Laborversuche

Pro Festigkeitsversuch inklusive digitaler Dehnungsmessung wurden Versuchsreihen mit mind. 10 und bei der Darrdichteermittlung mind. 6 Proben je Einlagerung überprüft. Bohrwiderstandsmessungen erfolgten an je 2 Prüfkörpern mit jeweils 3 Bohrungen vor und nach der Tränkung um einen direkten Vergleich zu erhalten und somit einen Ansatz für Veränderungen durch diese Lagerung zu überprüfen. Rohdichte und Feuchtegehalt wurden jeweils zum Prüfungszeitpunkt ermitteln.
Inhaltlich wurde sich zudem noch mit den unterschiedlichen Möglichkeiten des Abbaus von Holzbestandteilen durch Chemikalien beschäftigt.

Verwendete Materialen

Das Versuchsmaterial stellte Fichtenholz und Balkenabschnitte aus dem Fermenter dar (s. Bild 4). Bei der digitale Dehnungsmessung (Photogrammetrie) wurde mit den Programmen VicSnap bzw. Vic3D (s. Bild 2), bei der Bohrwiderstandsmessung mit dem Resistograph® und bei den Festigkeitsprüfung an der Universalprüfmaschine Z020 von Zwick/Roell gearbeitet.

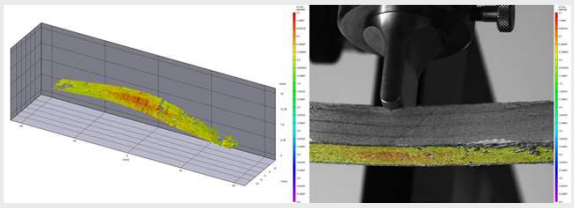

Bild 2: Ergebnisdarstellung der Photogrammetrie: erkennbare Zugdehnungen an der Biegebalkenunterseite kurz vor einem Bruchversagen

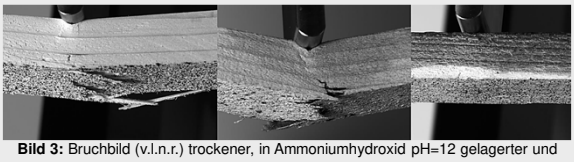

Bild 3: Bruchbild (v.l.n.r.) trockener, in Ammoniumhydroxid pH=12 gelagerter und dem Fermenter entnommener Proben

Ergebnisse

- Das Holz der Fermenter erlitt eine Schädigung über den gesamten Bauteilquerschnitt, wobei jene abschnitte mit Hirnholz am stärksten geschädigt sind.
- Die Einlagerung in Wasser stellte einen Beweis der allgemeingültigen Aussagen dar: mit steigendem Feuchtegehaltes reduzieren sich die Festigkeiten sowie der E-Modul und die elastische Dehnung steigt. Sehr kleine Prüfkörper wurden vollständig, große nur sehr gering getränkt (s. Bild 7).
- Ammoniak bzw. ammoniakhaltige Lösungen führen zu einer dunkelbraunen Verfärbung von Fichtenholz, wobei diese intensiver ausfällt, je höher der pH-Wert der Lösung ist. Eine ähnliche Verfärbung ergab sich am Biogasholz (s. Bild 4, 6).
- Das Fichtenholz erlitt beginnende strukturelle Veränderungen bzw. eine Versprödung durch den Einfluss von Ammoniumhydroxid. Es wurde plastifiziert, wodurch sich nur geringe elastische Dehnungen und große plastische Verformungen des Holzes ergaben (s. Bild 8, 9).
- Durch das gut lösliche Ammoniak mit Molekülgrößen gleichartig des Wassers kam es zu einer beschleunigten und verstärkten Aufnahme von Flüssigkeiten.
- Es erfolgt nur eine insignifikante Abnahme der Darrdichte, der Biegefestigkeit und des E-Moduls. Einzig die Druckfestigkeit wurde zu einem etwas höheren Maß reduziert. Es gibt demnach keine klaren Anhaltspunkte, die auf einen Abbau von bestimmten Holzbestandteilen durch die Base hinweisen.
- Je höher der pH-Wert der Einlagerungsflüssigkeit, desto größer erfolgte die Reduzierung der Festigkeiten, des E-Moduls und der elastischen Dehnung.
- Die Hölzer aus dem Fermenter und aus der Laborlagerung zeigten geringe Zusammenhänge. Das Ammoniak bzw. das sich im Fermenter mit hoher Feuchte bildende Ammoniumhydroxid fließen augenscheinlich zu einem gewissen Anteil in die vorgefundene Versprödung, die erhöhte plastische Eigenschaft und die Verfärbung des Holzes ein.

Betreuerin **Prof. Dr. rer. nat. Claudia von Laar**
FIW Bereich Bauingenieurwesen
Hochschule Wismar

Bearbeiterin **Elisabeth Erbes**

Abschlussart **Bachelor-Thesis, Sommersemester 2018**

Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Bereich Bauingenieurwesen

www.biw.fiw.hs-wismar.de