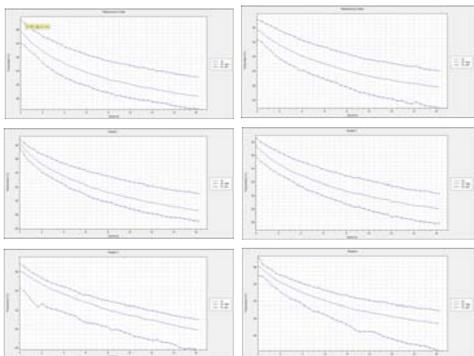
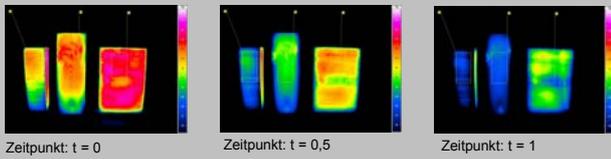


Zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden für Bauholz in chemisch aggressiver Umgebung

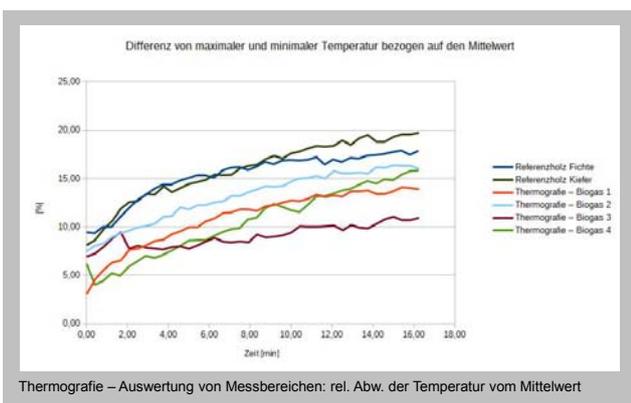
In Fermentern von Biogasanlagen wird die Deckenkonstruktion häufig als Holzbalkendecke ausgeführt. Trotz der hohen Widerstandsfähigkeit von Holz, kann es bei Langzeiteinwirkung der chemisch-aggressiven Substanzen zu einem plötzlichen Versagen der Tragfähigkeit von Holzbalken kommen. Bisher gibt es für diese Schadensfälle keine Verfahren, die angewendet werden um den Zustand der Holzbalken zu beurteilen und um somit plötzliches Versagen zu verhindern. Seit Mai 2006 gibt es eine Handlungsempfehlung für die Tragfähigkeitsuntersuchung an Holzbalkendecken in Biogasanlagen. Diese schlägt vor, die Tragfähigkeit durch Probelastung zu überprüfen, wobei ein gefüllter Wasserkanister auf die Mitte des Balkens aufgebracht werden soll. Mit diesem Verfahren kann festgestellt werden, ob der Balken der Belastung standhält, ein Vorhersagen eines Tragfähigkeitsverlustes bzw. einer Minderung der Tragfähigkeit ist so nicht möglich.

Die **Thermografie** ist ein bildgebendes Verfahren, mit dem Oberflächentemperaturen von Objekten dargestellt werden können. Jeder Körper mit einer Temperatur über Null Kelvin sendet elektromagnetische Strahlung aus, die optischen Gesetzen folgt und somit von Kameras visualisiert werden kann. Durch die gemessene Intensität der Eigenstrahlung lassen sich Rückschlüsse auf die Oberflächentemperatur ziehen. Die **Aktive Thermografie** ist ein Verfahren, das bei Oberflächen mit geringen Temperaturunterschieden angewendet wird. Der Körper wird thermisch angeregt und der anschließende Abkühl- bzw. Erwärmungsvorgang ausgewertet. Mit zunehmender Holzfeuchte und steigender Rohdichte steigt die Wärmeleitfähigkeit. Je höher die Wärmeleitfähigkeit, desto schneller der Abkühlvorgang.



Alle Versuche wurden an den Referenzhölzern aus Fichte (10/26) und Kiefer (10/26) und an 4 Balkenabschnitten aus Biogasanlagen mit Schadensfall ,Bio1' (10/26); ,Bio2' (10/26); ,Bio3' (14/36,5); ,Bio4' (14/36,5); durchgeführt. Alle Probekörper hatten eine Länge von $L = 75 \text{ cm}$

Ergebnisse aus akt. Thermografie: Darstellung der minimalen, maximalen und mittleren Temperatur der beobachteten Oberfläche



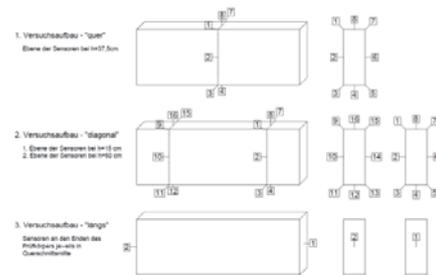
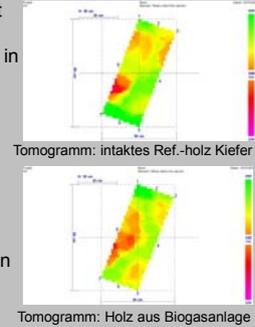
Thermografie – Auswertung von Messbereichen: rel. Abw. der Temperatur vom Mittelwert

Mit dem Thermografieverfahren konnte lediglich erkannt werden, dass die relative Abweichung zum Mittelwert der Oberflächentemperatur bei den Probekörpern aus den Biogasanlagen geringer ist, als die bei den Probekörpern der Referenzhölzer. Vermutlich wird die Oberfläche durch die chemisch aggressive Umgebung hinsichtlich ihrer thermischen Eigenschaften homogener. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die thermografierte Oberfläche des Probekörpers als ein gesamter Bereich ausgewertet. Zukünftig sollte eine Auswertung des Temperaturverlaufs ausgewählter Einzelpunkte erfolgen.

Bei der Impulstomografie wurde bei allen Messaufbauten der Unterschied von Referenzholz zu Biogasholz deutlich. Für das Referenzholz konnten schnellere Schalllaufzeiten gemessen werden. Über die Schallgeschwindigkeit wurde das jeweilige E-Modul errechnet. Eine Schlussfolgerung aus den Schallgeschwindigkeiten auf den Grad der Schädigung war nicht möglich, da die unterschiedlichen Messaufbauten zu einer unterschiedlichen Rangfolge führten. Zukünftig sollten Versuche an ganzen Balken bzw. möglichst langen Balkenabschnitten aus Biogasanlagen durchgeführt werden.

Die **Impulstomografie (=Schalltomografie)** ist ein Messverfahren zur Darstellung des mechanischen Zusammenhalts von Festkörpern.

Eine Kette von Erschütterungssensoren hat mit Hilfe von Metallstiften direkten Kontakt zum Holz. Über die Eingabe der Positionen in der zugehörigen Software ist der Abstand zwischen den Sensoren bekannt. Nacheinander werden mit einem Hammer mechanische Impulse auf die Sensoren gegeben. Start und Ankunft der Impulse werden von den jeweils anderen Sensoren registriert und so die Laufzeit ermittelt. Durch das Verhältnis Schalllaufzeit zu bekanntem Abstand zwischen den Sensoren wird die jeweilige Schallgeschwindigkeit bestimmt.



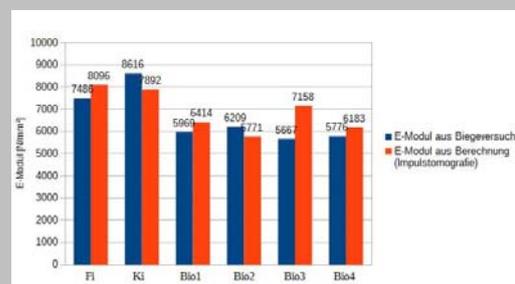
Tomographie: Versuchsaufbau und Anordnung der Sensoren

Mittlere Schallgeschwindigkeit je Versuchsaufbau und Probekörper

| | Referenzhölzer | | Biogashölzer | | | |
|---|----------------|------|--------------|------|------|------|
| | FI | KI | Bio1 | Bio2 | Bio3 | Bio4 |
| 1. Versuchsaufbau v_{ver} [m/s] | 988 | 1012 | 873 | 951 | 835 | 822 |
| 2. Versuchsaufbau v_{steigend} [m/s] | 2489 | 2434 | 2164 | 2354 | 2203 | 2104 |
| 3. Versuchsaufbau v_{abg} [m/s] | 4975 | 4909 | 4410 | 4294 | 4476 | 4317 |

Errechnetes E-Modul aus Schallgeschwindigkeiten parallel zur Faserrichtung

| | Referenzhölzer | | Biogashölzer | | | |
|--|----------------|------|--------------|------|------|------|
| | FI | KI | Bio1 | Bio2 | Bio3 | Bio4 |
| ρ_w [kg/m ³] | 835 | 836 | 842 | 796 | 912 | 847 |
| $E = v^2 \cdot \rho \cdot \frac{1-\mu-2\mu^2}{1-\mu}$ [N/mm ²] | 8096 | 7892 | 6414 | 5771 | 7158 | 6183 |



Vergleich der statisch (Biegeversuch) und dynamisch (Tomographie) ermittelten E-Moduli

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

Bearbeiter/-in Johanna Eiffert

Abschlussart Master-Thesis, SS 2017



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

www.hs-wismar.de