



Dimitri Walder

|              |                                         |
|--------------|-----------------------------------------|
| Diplomand    | Dimitri Walder                          |
| Examinator   | Prof. Dr. Jean-Marc Stoll               |
| Experte      | Prof. Dr. Urs Baier, ZHAW, Wädenswil ZH |
| Themengebiet | Biomasse und Biogas                     |

## Einsatz von Pflanzenkohle zur Reduktion von Ammoniakemissionen

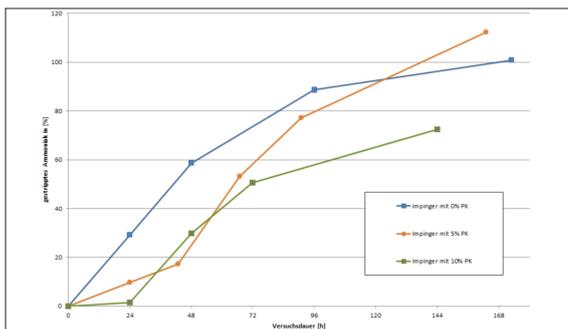
### Untersuchungen mit Gärgut aus Biogasanlagen



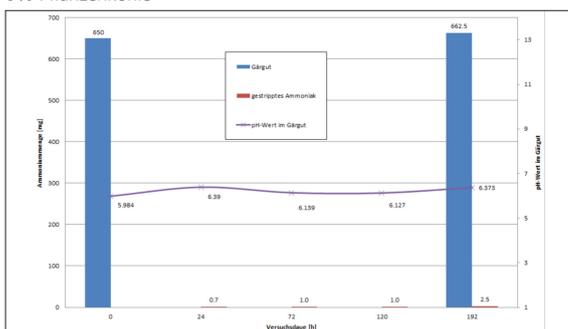
Versuchsaufbau Impinger-Verfahren für die Erfassung der Ammoniakfreisetzung im Gärgut

**Ausgangslage:** Eine mögliche Massnahme zur Reduktion der Ammoniakemissionen ist der Einsatz von Pflanzenkohle. Schon Ureinwohner im Amazonas und in Australien verwendeten Pflanzenkohle zur Verbesserung ihrer Böden. Die Pflanzenkohle wird durch das Pyrolyseverfahren oder die hydrothermale Carbonisierung unter Ausschluss von Sauerstoff und bei Temperaturen von 150 bis 600 °C hergestellt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden im Labormassstab Versuche durchgeführt, um das Reduktionspotenzial für die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung der Pflanzenkohle zu charakterisieren und zu quantifizieren.

**Vorgehen/Ergebnis:** Das Ammoniak wurde aus dem Gärgut ausgestrippt, mit dem Impinger-Verfahren aufgefangen und photometrisch quantifiziert. Dieses Verfahren nutzt das Verhalten des konjugierten Säure-Basen-Paars  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NH}_3$  bei unterschiedlichen pH-Werten aus. Das in der Luft vorhandene gasförmige  $\text{NH}_3$  wird durch eine Säure geleitet, wo es zu  $\text{NH}_4^+$  reagiert und nicht mehr flüchtig ist. Durch die photometrische Messung der  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration in der Säure, kann die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung im Gärgut quantifiziert werden. Es wurden drei verschiedene Versuche mit 0%, 5% und 10% Pflanzenkohle im Gärgut miteinander verglichen. Das Resultat zeigt, dass die Pflanzenkohle über die gesamte Versuchsdauer kein Adsorptionspotenzial für die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung besitzt. Sie konnte die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung in den ersten 24 Stunden des Versuchs verzögern, jedoch wurde mit anhaltender Versuchsdauer in allen drei Versuchen das Ammoniak vollständig freigesetzt.



Gestripptes Ammoniak in Prozent aus der Gegenüberstellung von drei Impinger-Versuchen mit 5% Pflanzenkohle, 10% Pflanzenkohle und 0% Pflanzenkohle



Ammoniummenge im Gärgut bei einem konstanten pH-Wert von 6 über die Versuchsdauer von sieben Tagen

**Lösung:** In einem weiteren Versuch wurde der pH-Wert im Gärgut durch Zugabe von Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) auf 6 gesenkt und im Laufe des Versuchs konstant gehalten. Dadurch konnte die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung im Gärgut vollständig unterbunden werden. Obwohl aufgrund mikrobieller Aktivität im Gärgut während des Versuchs zusätzliches Ammoniak gebildet wurde, wurde dieses aufgrund des tiefen pH-Wertes in  $\text{NH}_4^+$  umgewandelt und nicht in die Luft freigesetzt. Dieser Versuch beweist, dass die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung durch das Senken des pH-Wertes vollständig reduziert werden kann. Für einen Anlagenbetreiber belaufen sich die Kosten der Säurenbehandlung von einem  $\text{m}^3$  Gärgut auf höchstens 65 CHF.