

# Entwicklung von Messverfahren zur Geschwindigkeitsmessung in Biogasanlagen

LUKAS WEBER, SVEN ANNAS, GEORG MESSING, MICHAEL ELFERING,  
HANS-ARNO JANTZEN, JÜRGEN SCHOLZ

## 1 Einleitung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Forschungsvorhabens innoFlex (FKZ: 22042018) wird unter anderem die Effizienzsteigerung von Biogasanlagen vor dem Hintergrund der Rührwerksregelung und -steuerung untersucht. Als Input für die Regelung soll die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Anlage genutzt werden. Ihre Bestimmung ist in realen Anlagen aufgrund der schlechten Zugänglichkeit sowie der hohen Feststoffgehalte des Gärsubstrats schwierig. Vor diesem Hintergrund werden Messverfahren für die optische Bestimmung der Oberflächenströmung sowie die Bestimmung von lokalen Geschwindigkeiten mithilfe von Wärmeübergangs- und Ultraschallsensoren entwickelt und untersucht.

## 2 Messverfahren

Die Bestimmung der **Oberflächengeschwindigkeit** erfolgt auf Basis der Particle-Image-Velocimetry. Dafür werden beim Zweibildverfahren zwei Bilder zeitlich versetzt mit einer Kamera aufgenommen. Mit der Kreuzkorrelationsfunktion lässt sich durch den Vergleich der Bildpaare bestimmen, wie sich die Oberfläche an verschiedenen Stellen zwischen den beiden Messungen bewegt hat.

Das Messprinzip der **Wärmeübergangssensoren (WÜS)** basiert auf der thermischen Anemometrie. Ein Sensor (Abb. 1) wird durch eine elektrische Schaltung auf einer konstanten Übertemperatur zur Umgebung gehalten. Bei der Umströmung des Sensors im Fermenter kommt es zu einer Abkühlung. Die für die Aufrechterhaltung des Temperaturunterschieds notwendige Energie liefert den direkten Rückschluss auf die Strömungsgeschwindigkeit.



Abb. 1: Aluminiumkugel zur Bestimmung lokaler Strömungsgeschwindigkeiten – Wärmeübergangssonde (WÜS)

Bei dem den Ultraschallsensoren zugrunde liegenden Messverfahren handelt es sich um ein Reflexionsverfahren. Hierbei wird ein erster Puls unter einem definierten Winkel zur Hauptströmungsrichtung gesendet und das von mitgeführten Partikeln reflektierte Echo aufgezeichnet. Nach einem kurzen Zeitintervall  $\Delta t$  wird dieser Vorgang wiederholt, sodass Signalantworten des durchschallten Kegels zu zwei verschiedenen Zeitpunkten vorliegen. Mithilfe einer diskreten Kreuzkorrelation kann aus den zwei aufgezeichneten Echos die Relativgeschwindigkeiten der Partikel bestimmt werden. Folgen die Partikel der Strömung des Substrates schlupffrei, so entspricht die Partikel- der Strömungsgeschwindigkeit.

### 3 Test der Messverfahren

Die vorgestellten Messverfahren werden im Rahmen des Forschungsvorhaben untersucht, auf den spezifischen Anwendungsfall hin optimiert und sowohl unter Labor- als auch unter Realbedingungen getestet. Beispielhafte Auswertungen zur Bestimmung der Oberflächenströmung sowie zu den Wärmeübergangssensoren zeigen die Abbildungen 2 und 3.

Mithilfe von Aufnahmen aus der Anlage können Geschwindigkeiten direkt bestimmt werden. In Echtzeit liefert das System sowohl Informationen zur Geschwindigkeitsverteilung als auch zu instationären Strömungsvorgängen.

Um die Eignung der WÜS zu überprüfen, wurden diese in einem Schleppkanal sowie in einer durchströmten Rohrstrecke eingesetzt und getestet. Dabei können den gemessenen Heizleistungen reproduzierbar definierte Geschwindigkeiten zugeordnet werden. Dies ermöglicht die absolute Geschwindigkeitsmessung auch in realen Anlagen.



Abb. 2: Optische Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit in einer realen Anlage

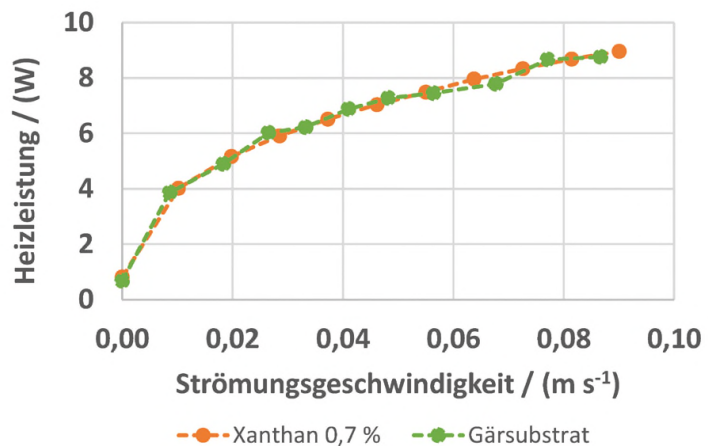


Abb. 3: Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit mithilfe der Wärmeübergangssensoren in einem Schleppkanal

Die durchgeführten Arbeiten zeigen, dass die Messverfahren prinzipiell für den Einsatz in Biogasanlagen geeignet sind. Erste Untersuchungen mithilfe des Ultraschallsensors deuten ebenfalls darauf hin. Die Verfahren werden in fortführenden Arbeiten weiter optimiert und unter realen Bedingungen getestet.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.