

Bestimmung der Mischgüte von Biosubstrat in Fermentern mittels Sensorpartikel

LUKAS BUNTKIEL, SVEN ANNAS, SEBASTIAN REINECKE

1 Einleitung

Zum effizienten Betrieb von Biogasfermentern sind Kenntnisse über die erzielte Mischgüte, die ablaufenden Strömungsvorgänge und Prozessgrößen, wie z. B. Temperatur und pH-Wert notwendig. Aufgrund der Fermentergröße und den rheologischen Eigenschaften des Biosubstrats sind Punktmessungen dieser Größen nicht für den gesamten Fermenter repräsentativ. Mithilfe von Sensorpartikeln (Abb. 1), die sich frei mit der Strömung im Fermenter bewegen, wird die räumliche Verteilung der Prozessparameter erfasst. Die so gewonnenen Messdaten können dabei helfen, Optimierungspotenziale offenzulegen sowie Simulationen des Fermenters zu validieren.



Abb. 1: Sensorpartikel nach einem Messeinsatz (© Buntkiel)

2 Messkonzept

Die im Rahmen des Projektes „Sens-O-Mix“ (FKZ 2219NR390) entwickelten Sensorpartikel (SP) haben einen Durchmesser von 40 mm und eine Akkulaufzeit von ca. 90 Minuten. Für ein gutes Strömungsfolgeverhalten kann die Dichte der SPs über einen Drehmechanismus an die Dichte des Biosubstrats angepasst werden. Die SPs werden dem Behälter bei laufendem Betrieb beigegeben und speichern die Messdaten auf einer SD-Karte, die nach dem Messeinsatz ausgelesen wird.

Das Sensorkonzept ist in Abbildung 2 dargestellt. Bis auf den Drucksensor messen die internen Sensoren in den Koordinaten des SPs, d. h. die Messwerte müssen erst in das Koordinaten-

system des Behälters überführt werden. Diese Methode wurde im Projekt „NeoBio“ (FKZ 22032618) entwickelt. Über den Drucksensor lässt sich die Tauchtiefe als Funktion des hydrostatischen Drucks darstellen und axiale Aufenthaltsverteilungen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Zirkulationszeiten bestimmen.

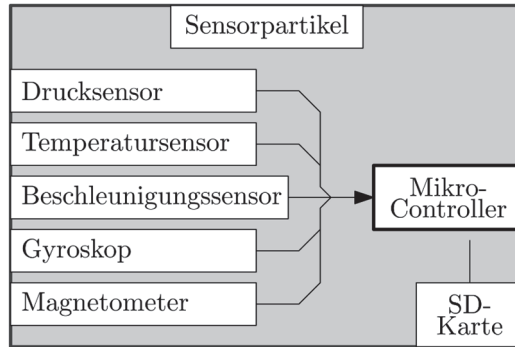


Abb. 2: Interner Aufbau der SP (© Buntkiel)

3 Mischgüte im Rührbehälter

Abbildung 3 zeigt die axiale Aufenthalts- und Geschwindigkeitsverteilung für Mess- und Simulationsdaten eines Rührbehälters mit Schrägblattrührer bei verschiedenen Drehzahlen in einem Volumen von 1.400 l Wasser und einem Höhe-Durchmesser-Verhältnis von 0,49. Die Messdauer betrug 1 h und die Simulationszeit 98 s, wofür mit Ansys Fluent 2021 und einem k-e-Turbulenzmodell ca. 1.200 h Rechenzeit benötigt wurde.

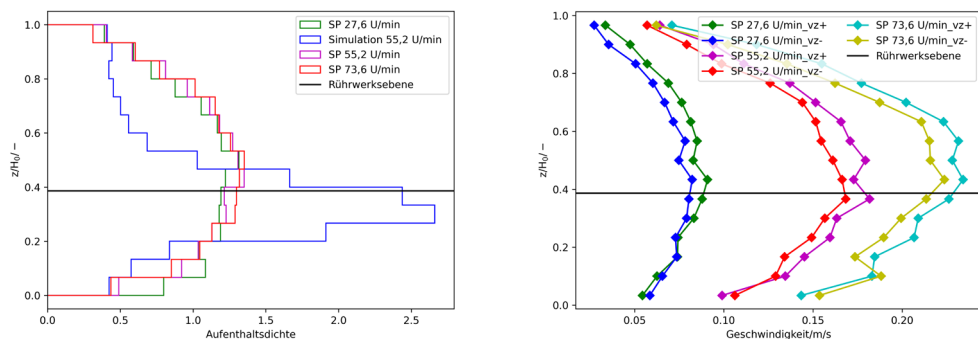


Abb. 3: Aufenthaltsverteilung (links) von masselosen Tracerpartikeln (Simulation) und einem Sensorpartikel und axiales Geschwindigkeitsprofil (rechts) in einem Rührbehälter (© Buntkiel)

Die Messdaten zeigen, dass sich der Sensorpartikel bei den untersuchten Drehzahlen im gesamten Behältervolumen aufhält, was für eine homogene Durchmischung spricht. Wird die

Drehzahl erhöht, steigt die Fluidgeschwindigkeit an. Wenn keine intensive Konvektion erzielt werden soll, lässt sich der Energieeintrag verringern ohne die Mischgüte zu ändern, was zu einem effizienteren Betrieb führt.

Die Simulationsdaten zeigen eine Häufung von Partikeln unterhalb der Rührwerksebene, was darauf hindeutet, dass die Simulationszeit noch nicht ausreichend war.

4 Fazit

Mithilfe der entwickelten Sensorik ist es nun möglich, Mischvorgänge in Biogasanlagen zu untersuchen. Auf Basis der Aufenthaltswahrscheinlichkeit und des Geschwindigkeitsprofils von Sensorpartikeln in Kombination mit zeitlich und räumlich aufgenommenen Prozessdaten können die zentralen Vorgänge bei der Biogasproduktion in einer neuen Detailtiefe bewertet werden. Eine grundsätzliche Eignung konnte mithilfe numerischer Arbeiten aufgezeigt werden.

Literatur

- Buntkiel, L.; Reinecke, S.; Heller, A.; Budelmann, C.; Hampel, U. (2021): 2.2 – Mit UWB-Lokalisierung gekoppelte inertielle Lage- und Bewegungsverfolgung für instrumentierte Strömungsfolger. Vorträge 22–27, doi: 10.5162/15dss2021/2.2
- Reinecke, S. F.; Buntkiel, L.; Kipping, R.; Hampel, U. (2022): Process characterization in industrial vessels by flow-following sensor particles. *Measurement Science and Technology* 33(9), 095106, doi: 10.1088/1361-6501/ac75af

Förderhinweis

Teile der Arbeiten des HZDR sind vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Projekt SensOMix (FKZ 2219NR390) und im Projekt Neobio (FKZ 22032618) sowie aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen des Clean Water Technology Lab – Ein Helmholtz Innovation Lab (HIL-A02) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

