

INTELLIGENTES PUMPENSYSTEM ZUR DURCHMISCHUNG VON BIOGASREAKTOREN

Anne Deutschmann, Gregor Ganzer

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

MOTIVATION UND ZIELSETZUNG

Der weitere Ausbau des regenerativ bedienten Stromsystems erfordert einen wirtschaftlichen und optimierten flexiblen Betrieb der bestehenden und neu zu errichtenden Biogasanlagen. Unter Beachtung der gegebenen Vorzüge wie Verlässlichkeit, Regelbarkeit und der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sind effiziente Konzepte und Technologien zu entwickeln, die langfristig einen nachhaltig rentablen Betrieb unabhängig von staatlicher Förderung gewährleisten. Ein immenses Potenzial liegt hierbei in der Optimierung der Durchmischung der Gärsubstrate, verbunden mit einer effizienten und gezielten Technik zur Substrateinbringung und -vorbehandlung – insbesondere dann, wenn strukturreiche biogene Reststoffe, wie Stroh und Festmist eingesetzt werden. Neben der ungenügenden Durchmischung weist die Rührtechnik einen hohen Eigenstromverbrauch auf. Geringe Standzeiten der eingesetzten Rührtechnik und daraus folgend hohe Wartungsaufwendungen, verbunden mit einem Anlagenstillstand beeinflussen signifikant die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen. Hier setzt das Verbundvorhaben FlexPump an. Gemeinsam mit den Projektpartnern Vogelsang GmbH & Co. KG und A&U Service- und Vertriebs GmbH entwickelt das Fraunhofer IKTS ein intelligentes Pumpensystem zur hydraulischen Durchmischung von Biogasreaktoren, welches aktuell unter Praxisbedingungen getestet wird. Das zu entwickelnde Mischsystem, welches sowohl zur Durchmischung des Fermenterinhalt als auch für die Substratbeschickung eingesetzt werden kann, besteht aus speziell an die Anforderungen der Biogastechnik angepassten außenliegenden Pumpen und einem strömungstechnisch optimierten außenliegenden Umwälzsystem einschließlich der dazugehörigen Technik zur Einbringung und Vorbehandlung/Zerkleinerung der Substrate. Mit dieser installierten Technik soll ein wartungsarmer und effizienzoptimierter Betrieb von Biogasanlagen gewährleistet werden.

ANLAGENKONZEPT UND BEWERTUNG

Das innerhalb des Projektes FlexPump entwickelte Anlagenkonzept zeigt Bild 1. Die die Pumpentechnik zur hydraulischen Durchmischung sowie die Technik zur Substratvorbehandlung und Aufbereitung des Fermenterinhalt wurde im Bypass an Fermenter 1 (F1) installiert. Dabei werden die Feststoffe über einen Annahmedosierer zum PreMix® gefördert und dort zerkleinert, aufbereitet und mit Gärrest aus den Fermenter 1 durchmischt und anschließend zurück gepumpt. Der DisRuptor® bereitet den Fermenterinhalt weiter auf. Durch das externe Pumpensystem wird zum einen der Fermenter im Wesentlichen mit Feststoffen beschickt, außerdem wird die Durchmischung im Fermenter unterstützt. Um die Durchmischung im Fermenter gezielt bewerten zu können, wurde dieser in den Labormaßstab skaliert. So kann die Durchmischung mittels Prozess-Tomographie bewertet und gerade auch in Hinblick auf Laufzeit und Intensität der Durchmischung optimiert werden (Bild 2). Vergleichend dazu wurde die Durchmischung im Fermenter mittels numerischer Strömungssimulation bewertet. Das 3D-Modell zeigt Bild 3. Die weißen Pfeile kennzeichnen jeweils Zu- und Ablauf der Pumpe. Neben der Umwälzung des Fermenterinhalt durch die Pumpe können noch weitere Rührwerke zugeschaltet werden. Bewertet wurden neben der Durchmischung die Änderung der Viskosität im Fermenter 1, die Partikelgrößenverteilung und der Einfluss auf das Biogaspotential. Zur ganzheitlichen Bilanzierung der Anlage wird auch der Eigenstrombedarf mit betrachtet.

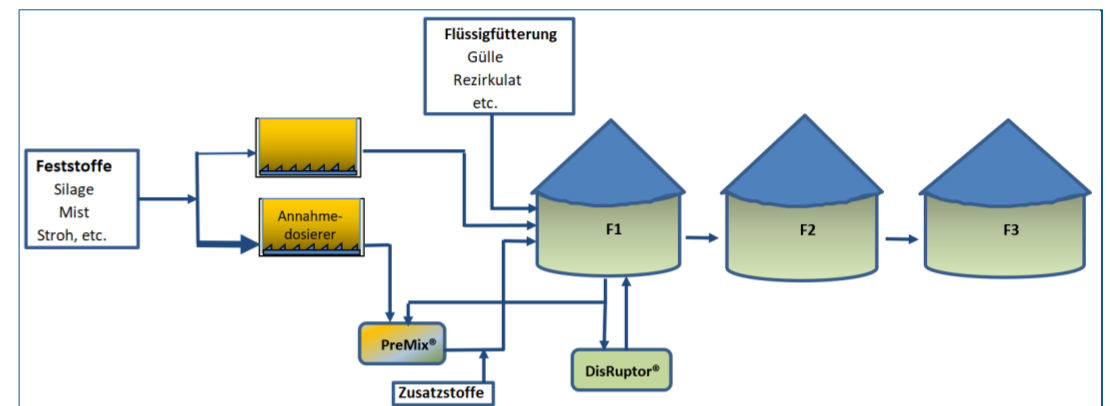


Bild 1: Schematische Darstellung des Anlagenkonzeptes.

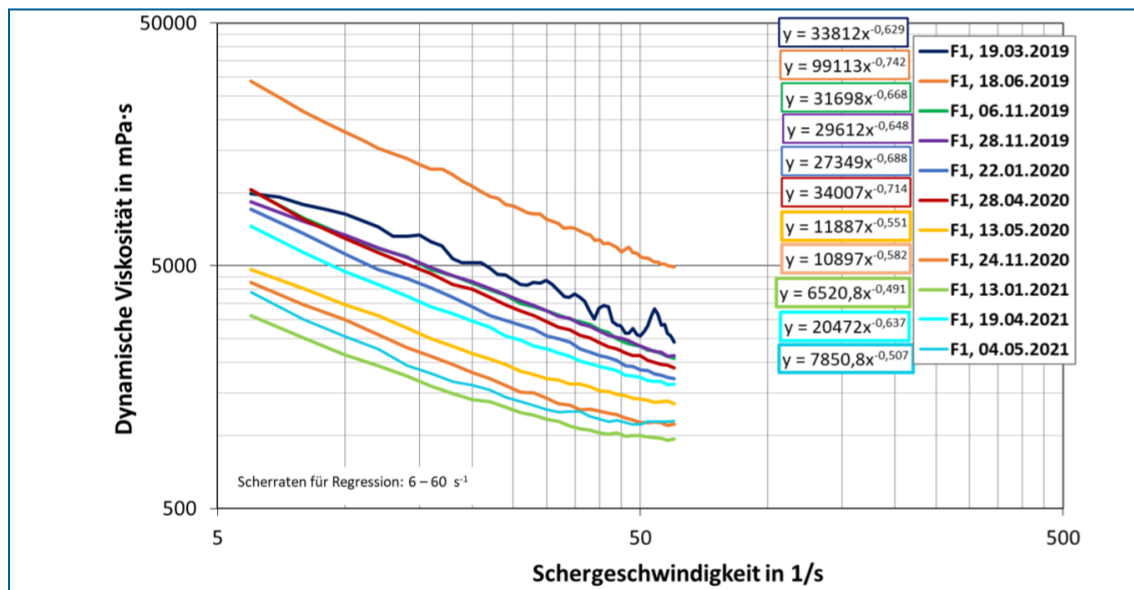


Bild 4: Bewertung der dynamischen Viskosität in Fermenter 1.

Tabelle 1: Vergleich Trockenrückstand F1 (TR)

Probe-nahme	TR in %
18.06.19	12,2
06.11.19	13,0
28.11.19	13,5
22.01.20	13,0
28.04.20	13,8
13.05.20	14,3
24.11.20	11,7
13.01.21	12,5
19.04.21	14,5
04.05.21	13,5

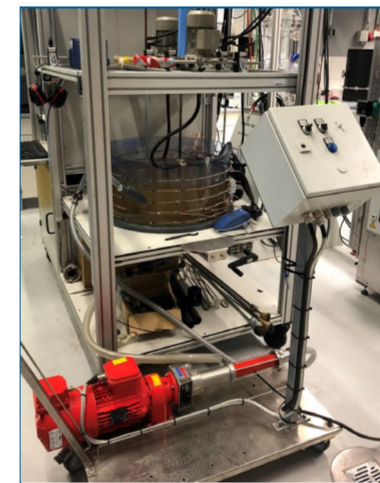


Bild 2: Versuchsstand zur prozesstomographischen Bewertung der Durchmischung im Labormaßstab.

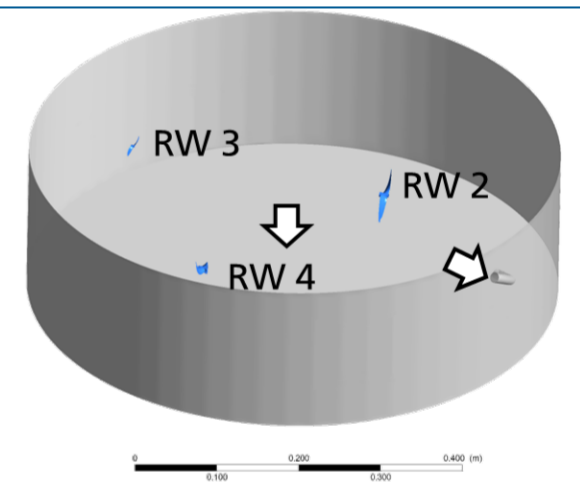


Bild 3: 3D Modell zur numerischen Strömungssimulation.

NUMERISCHE STRÖMUNGSSIMULATION (CFD-MODELLIERUNG)

Zusätzlich zu den durchgeführten Versuchen wurde mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation (CFD-Modellierung) die Durchmischung im Fermenter für verschiedene Betriebs- und Prozessbedingungen untersucht. Exemplarisch wird der Einfluss der Substrattheologie auf die Durchmischung im Fermenter dargestellt. Die Viskosität des Substrats 2 ist durch zusätzliche Zerkleinerung geringer gegenüber dem Substrat 1.

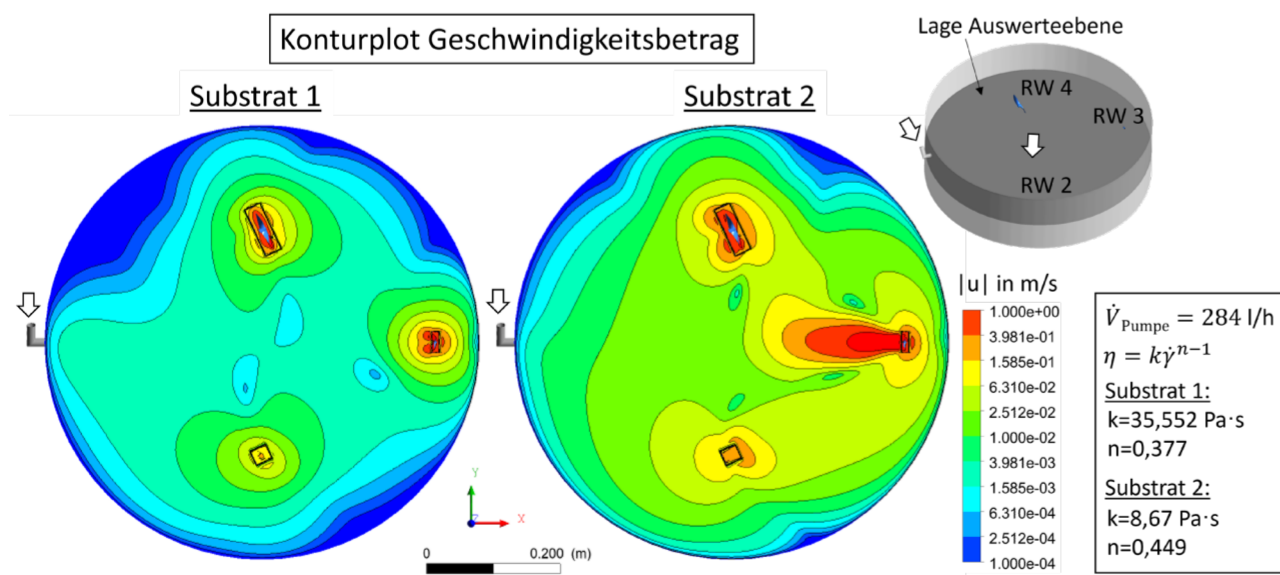


Bild 5: Vergleich der Geschwindigkeitsbeträge in der mittleren Ebene des Fermenters für zwei verschiedene Substrattheologien.

ERGEBNISSE

Die Technik zur Beschickung, Vorbehandlung und Aufbereitung wurde Ende 2019 in Betrieb genommen. Seitdem wurde die Anlage in regelmäßigen Abständen beprobt und die Technik und deren Betrieb auf die spezifischen Anforderungen optimiert.

Viskosität

Hinsichtlich der Viskosität konnte festgestellt werden, dass die Fließfähigkeit des Fermenterinhalt, nach Installation der externen Substratvorbehandlung und Aufbereitungstechnik, kontinuierlich verbessert werden konnte (Bild 4). Aufgrund des gleichbleibend hohen Trockenrückstands (TR), siehe Tabelle 1, ist dies auf die Effekte der Substratvorbehandlung und Aufbereitung zurückzuführen.

Partikelgröße

Neben dem Trockenrückstand beeinflusst auch die Partikelgrößenverteilung die Viskosität maßgeblich. Dabei wirken sich sowohl sehr lange Fasern als auch ein erhöhter Feinanteil negativ auf die Fließfähigkeit der Gärsubstrate aus. Innerhalb des Projektes konnte nachgewiesen werden, dass die mittlere Partikelgröße im Fermenter abgenommen hat, ohne dass der Feinanteil stark zugenommen hat. Dies spricht für eine effektive Zerkleinerung langfasriger Substrate, wie Hähnchenmist und Stroh.

Durchmischung im Fermenter

Mittels numerischer Strömungssimulation und prozesstomographischer Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass sich mit Verbesserung der Fließfähigkeit des Fermenterinhalt die Durchmischung wesentlich verbessert. In Bild 5 werden die Geschwindigkeitsbeträge in der mittleren Ebene des Fermenters für zwei verschiedene Substrattheologien dargestellt. Beim Substrat 2 stellt sich durch eine zusätzliche Zerkleinerung eine geringere Viskosität gegenüber dem Substrat 1 ein. Dies führt zu einem erhöhten Impulseintrag durch die Rührwerke, was sich positiv auf die Durchmischung im Fermenter auswirkt.

Biogaspotential

Durch die Aufbereitung des Fermenterinhalt konnten, bei optimierter Einstellung des DisRuptors®, eine Steigerung der spezifischen Biogasproduktion von 50 - 100 % gegenüber dem unbehandelten Fermenterinhalt nachgewiesen werden. Eine abschließende Bilanzierung der gesamten Anlage hinsichtlich der Substratausnutzung steht noch aus.

Eigenstrombedarf

Aufgrund der verbesserten Durch- und das Einmischung im Fermenter konnten die Laufzeiten der Rührwerke deutlich reduziert werden.

