

Hydraulisches Mischkonzept für Biogasanlagen

Für einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb von Biogasanlagen sind Optimierungen im Anlagenbetrieb und eine Flexibilisierung unabdingbar. Ein immenses Potenzial liegt hierbei in der Optimierung der Durchmischung der Gärsubstrate, verbunden mit einer effizienten und gezielten Technik zur Substrateinbringung und -vorbehandlung. Denn die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen wird signifikant durch die installierte Rührtechnik beeinflusst. Mit einem Eigenstromverbrauch von bis zu 58 Prozent (LFL 2014) und geringen Standzeiten von nur sechs bis 24 Monaten (FRAUNHOFER IKTS 2016) und den daraus folgenden Wartungsaufwendungen, verbunden mit einem Anlagenstillstand, führen zu größeren Verlusten.

Von Anne Deutschmann, Gregor Ganzer, Andreas Fastenau, Paul Krampe und Bernd Schmitz

Neben der Misch- und Anlagentechnik haben auch die eingesetzten Substrate einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen. Ein multirohstofffähiges Anlagenkonzept und eine praxistaugliche Systemlösung zur flexiblen und bedarfsgerechten Biogaserzeugung können Abhilfe schaffen hinsichtlich der Stillstandzeiten und daraus resultierenden Nachteilen. Herausforderungen bestehen in der Inhomogenität der Substrate verbunden mit langen Fasern, die zum einen schwer abbaubar sind und zusätzlich noch eine erhöhte Neigung zur Schwimmschichtbildung haben. Bei diesen Themen setzt das Verbundvorhaben FlexPump (FKZ 03KB152, BMWI) an. Unter Federführung des Fraunhofer IKTS wurde zusammen mit den Verbundpartnern Vogelsang GmbH und der A&U Service- und Vertriebs GmbH ein Konzept für

die hydraulische Durchmischung von Biogasanlagen mit integrierter Substratvorbehandlung und Aufbereitungstechnik entwickelt und unter Einsatz von Multirohstoff-Substraten auf einer Biogasanlage (1,65 Megawatt elektrische Leistung) demonstriert und optimiert.

Vom Labor in die Praxis

Zunächst wurde mittels numerischer Strömungssimulation und durch Versuche im Labormaßstab unter Anwendung der Prozesstomographie das Mischkonzept entwickelt, das sowohl auf Bestandsanlagen nachgerüstet als auch in Neuanlagen integriert werden kann. Anschließend erfolgte die praktische Umsetzung, verbunden mit einer umfangreichen Bewertung und Optimierung des Mischkonzeptes unter Praxisbedingungen. Umgesetzt wurde das Mischkonzept auf einer 1,65 MW Biogasanlage, siehe Abbil-

Abbildung 1: Mischkonzept

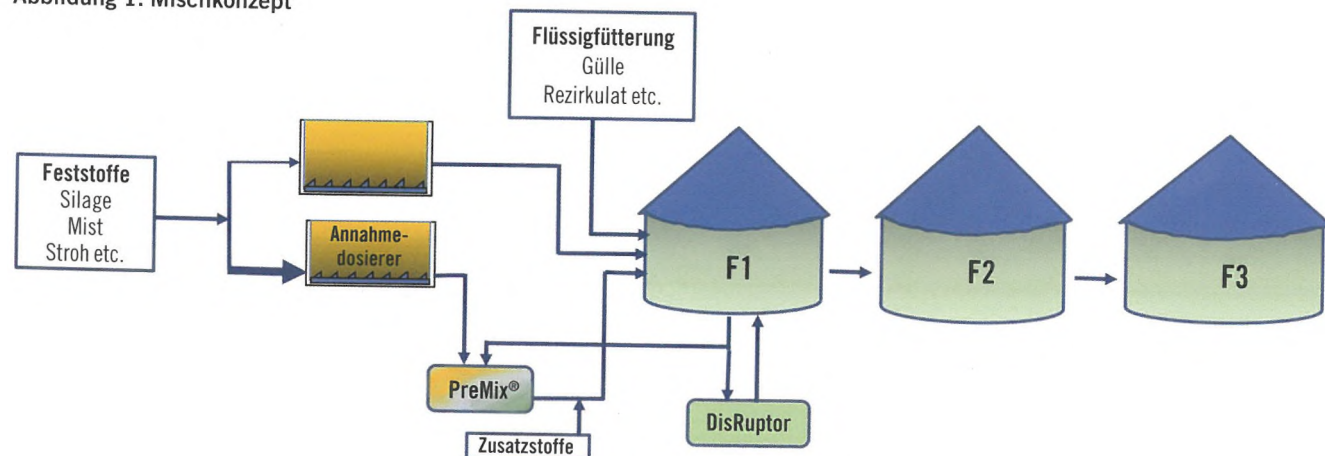


Abbildung 2: Bypassleitung und Versuchstechnik



dung 1. Die Anlage besteht aus zwei Fermentern und einem Nachgärer mit einem Volumen von jeweils 4.000 Kubikmetern (m³). Das Konzept der hydraulischen Durchmischung wurde an Fermenter 1 eingebunden. Über Bypassleitungen am und im Fermenter, wie in Abbildung 2 dargestellt, wird das Gärsubstrat mittels einer Exzentrerschneckenpumpe im unteren Bereich des Fermenters abgesaugt zur Suspendierung und Zerkleinerung zusammen mit frischem Substrat zum PreMix® von Vogelsang oder zur Aufbereitungstechnik DisRuptor (ebenfalls von Vogelsang) gefördert. Die gut aufbereitete,

homogene Suspension wird anschließend in den oberen Bereich des Fermenters gepumpt. Durch die Pumpvorgänge wird das Einmischen der angemischten Suspension realisiert, aber auch ein wesentlicher Teil der Rührerenergie zum Durchmischen des Fermenters wird dadurch eingespart. Von der Aufbereitungstechnik PreMix® werden Wirtschaftsdünger und Stroh mit dem Gärsubstrat zu einer homogenen Suspension vermischt. Dabei finden ein Aufschluss und die Zerkleinerung der schwer abbaubaren langen Fasern statt.

Störstoffe wie Steine und Metallteile werden noch vor der Pumpeneinheit abgetrennt. Pumpfähig bleibt die Suspension dank der guten Zerkleinerungswirkung der installierten Aggregate. Die Bewertung der Partikelgrößenverteilung belegte die deutliche Reduktion der Faserlängen, was einen sehr positiven Effekt auf das Fließverhalten hat. So ist die Suspension mit TR-Werten (Trockenrückstand) von teilweise über 14 Prozent immer noch pumpfähig. Viskositätsmessungen belegen ebenfalls eine deutliche Steigerung der Fließfähigkeit des Fermenterinhalt. Der Trans-

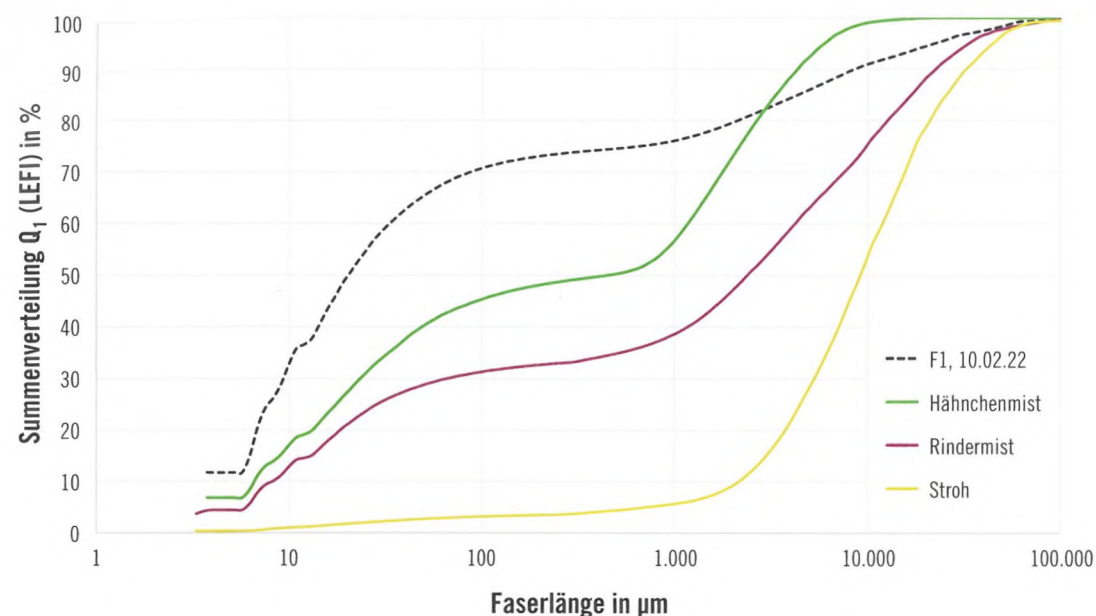


JANSEN & JANSEN

ALLIANZ GENERALVERTRETUNG

Experten für land-, lohnwirtschaftliche- und Ernteversicherungen

Abbildung 3: Vergleich der Faserlängen unterschiedlicher Substrate in Fermenter 1



port der Feststoffe zum PreMix® erfolgt über einen Annahmedosierer mit Austragsschnecke. Dabei werden etwa 70 Prozent der festen Inputstoffe über den PreMix® aufbereitet.

Neben der Zerkleinerung und Suspendierung der Inputsubstrate mittels PreMix® wird auch das Gärsubstrat aus Fermenter 1 mithilfe des sogenannten DisRuptors aufbereitet. Das Gärsubstrat wird ebenfalls in Bodennähe des Fermenters entnommen und zum DisRuptor gepumpt. In den engen Spalten der Funktionseinheit werden faserige Bestandteile wie Stroh zerfasert und damit die Angriffsfläche für den mikrobiologischen Abbau erhöht.

Dieser Effekt konnte durch eine gesteigerte und auch schnellere Freisetzung von Biogas im Rahmen von Batch-Gärtests nachgewiesen werden. Aber auch optisch mittels Rasterelektronenmikroskopie konnte die Zerfaserung sichtbar gemacht werden. Anschließend wird die so aufbereitete Suspension ebenfalls im oberen Bereich zurück in den Fermenter geleitet, wo die fermentierenden Bakterien von der vergrößerten Angriffsfläche und dem erleichterten Zugang zu den Nährstoffen profitieren.

Von 85 % Silagen auf 70 % Mist

Mit der Inbetriebnahme des Mischkonzeptes konnte der Substratmix der Biogasanlage von 85 Prozent Silagen, davon allein 60 Prozent Maissilage und 15 Prozent Mist im Jahr 2019, angepasst werden. Die Silagen, insbesondere Maissilage, konnte zu einem Großteil durch Hähnchen-, Puten- und vor allem Rindermist von regionalen Betrieben ersetzt werden. Der Mistanteil wurde von 15 auf 70 Prozent gesteigert. Als logische Konsequenz des erhöhten Mistanteils beziehungsweise der reduzierten Zufuhr von Gülle und Maissilage stieg der TS-Gehalt im Fermenter

auf 14,3 Prozent an, obwohl die Flüssigkeit der Gärdüngerseparation teilweise zurückgeführt wird. In der Literatur wird eine solche Suspension gerne als nicht mehr pumpfähig bezeichnet. In Fermenter 1 verbesserte sich die Fließfähigkeit bei einem Trockenrückstand von 13,5 Prozent durch die Vor- und Aufbereitungstechnik um 63 Prozent, was als sehr positiv zu bewerten ist. Verglichen wurde dabei das Fließverhalten bei einer Scherrate von 10 s⁻¹.

Diese Vereinfachung ist notwendig, da sich das Fließverhalten der Gärsubstrate mit der Schergeschwindigkeit ändert (scherverdünnend). Mathematisch beschreibbar wird das Fließverhalten durch den Potenzansatz nach Ostwald-de-Waele mit dem Konsistenzfaktor K und dem Fließindex m. Im Fermenter selbst herrschen sehr unterschiedliche Scherbedingungen, weshalb die Fließeigenschaften bei dieser angenommenen mittleren Schergeschwindigkeit verglichen wurden.

Verbesserte Fließfähigkeit und Mischbarkeit

Die Wirkung der Zerkleinerungs- und Aufbereitungstechnik lässt sich mit einem Vergleich der Partikelgrößenverteilungen belegen. In Abbildung 3 sind die Summenverteilungen der Faserlänge der Input-Substrate (biogenen Reststoffe) vor der Zerkleinerung und das Gärsubstrat aus Fermenter 1 dargestellt. Der Anteil langer Fasern ist im Fermenter deutlich reduziert, nur noch 24 Prozent der Fasern sind länger als 1.000 µm. Durch die reduzierte Faserlänge verbessern sich die Fließfähigkeit und damit auch die Mischeigenschaften des Fermenters. Neben dem reduzierten Rühraufwand wirkt sich die gute Zerkleinerungswirkung auch auf den Biogasertrag aus, da die Angriffsfläche für den mikrobiologischen Abbau deutlich vergrößert wurde.

Abbildung 4: Stroh als Inputsubstrat



Vorversuche und auch die praktische Umsetzung haben gezeigt, dass unter diesen Bedingungen ein vollständiger Verzicht auf die Rührtechnik nicht möglich ist. Dennoch konnte die Rührintensität deutlich reduziert werden, von einem anfänglichen Verbrauch von rund 500 Kilowattstunden (kWh) um über 60 Prozent. Damit reduziert sich nicht nur der Energieverbrauch sehr deutlich, sondern auch die Wartungsintervalle und Ausfälle der Rührtechnik wurden verringert. Eine ganzheitliche Bilanzierung der Anlage, die sowohl die Substrate mit Transportwegen und einer Düngegutschrift als auch den Energieverbrauch durch die Rühr-, Pump-, Aufbereitungs- und Zerkleinerungstechnik berücksichtigt, hat gezeigt, dass der CO₂-Fußabdruck der betrachteten Biogasanlage durch die Umsetzung des Mischkonzeptes um 30 Prozent reduziert werden konnte. Dazu wurden ebenfalls die Stromerzeugung mittels Blockheizkraftwerk (BHKW) und die Wärmenutzung berücksichtigt. Zusammenfassend haben sich mit der Umsetzung des Mischkonzeptes auf der Biogasanlage folgende Vorteile ergeben:

1. Erhöhung des Anteils an biogenen Reststoffen ohne Betriebsstörungen: gutes Einmischen der Substrate, kein Aufschwimmen beziehungsweise keine Schwimmschichtbildung.
2. Besserer Anschluss der Substrate. Dies führt zu einer besseren Ausnutzung der Substrate und das Biogas kann schneller freigesetzt werden.
3. Verringerter Wartungsaufwand der Rührtechnik und längere Standzeiten durch reduzierten Betrieb der Rührtechnik.

4. Bessere Durchmischung des Fermenters infolge der verbesserten Fließeigenschaften der Gärsubstrate.
5. Verringerung des CO₂-Fußabdrucks der Biogasanlage um 30 Prozent, hauptsächlich durch Erhöhung des Anteils an biogenen Reststoffen und aufgrund des verringerten Energiebedarfs zum Durchmischen der Anlage. ◀

Wir bedanken uns beim BMWi und PTJ für die Förderung des Projektes. Die Projektförderung für das Verbundvorhaben „Flex-Pump“ fand vom 1. Januar 2019 bis 31. März 2022 im Rahmen der Ausschreibung »Energetische Biomassenutzung« statt.

Quellen:

LfL 2014: BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, Empfehlung für die Auswahl von Rührwerken für Gärbehälter und Gärrestlager. Nr. IV – 10/2014.
 FRAUNHOFER IKTS 2016: FRAUNHOFER INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME, Durchgeführte Befragungen von Herstellern von Rührtechnik für Biogasanlagen. 2016.

Autor*innen

Anne Deutschmann¹
 Gregor Ganzer¹
 Andreas Fastenau²
 Paul Krampe²
 Bernd Schmitz³

¹ Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme
 Winterbergstraße 28 · 01277 Dresden

² Vogelsang GmbH & Co. KG
 Holthoeye 10-14 · 49632 Essen/Oldb.

³ A&U Service- und Vertriebs GmbH
 Domplatz 48b · 38820 Halberstadt



ATEX-Ventilatoren für Biogas Zone 1 und 2 (Kat. II2G und II3G)

- sicher
- zuverlässig
- unkompliziert
- wirtschaftlich



MEIDINGER
 WITT

MEIDINGER AG Industrieventilatoren
 CH 4303 Kaiseraugst
 Tel. +41 61 487 44 11
 info@meidinger.ch
 www.meidinger.ch