

Vom Gärrest zum Nährstoffkonzentrat

Aufbereitung von Gärrestsubstraten aus Biogasanlagen mittels keramischer Membranen



Gerhard Klink, Christian Salewski,
Peter Bolduan

Mit der zunehmenden Zahl der Biogasanlagen wird die Rückführung der anfallenden Gärrestsubstrate auf Grün- und Ackerflächen immer schwieriger. Gerade bei Großanlagen finden sich oft keine ausreichenden Verbringungsmöglichkeiten in vertretbarer Entfernung. Daher ist es sinnvoll, das Gärrestsubstrat durch geeignete Trennprozesse so weit aufzubereiten, dass es als schüttfähiger Feststoff und nährstoffarmes Brauchwasser ausgeschleust und verwertet werden kann.

Autoren: G. Klink und C. Salewski, A3-Water Solutions GmbH, Gelsenkirchen; Dipl.-Ing. P. Bolduan, atech innovations gmbh, Gladbeck

Wichtige Verfahrensschritte in der Aufbereitung von Gärrestsubstraten aus Biogasanlagen stellen neben der Flüssig-Feststoffabscheidung, die Ultrafiltration mit keramischen Membranen sowie die Umkehrosmose dar. Für die Filtration von Flüssigkeiten mit stark abrasiven Inhaltsstoffen – wie ungelöste Makromoleküle in Gärrestsubstraten – wurde die hoch abriebfeste Membran Duratech entwickelt. Beim Gärprozess wird nur die leicht abbaubare organische Masse zu Methan und Kohlendioxid abgebaut, sodass hauptsächlich schwerer abbaubare, relativ stabile organische Substanzen als Gärrestsubstrate zurückbleiben. Die darin enthaltenen Nährstoffe wie organischer Stickstoff, Kalium und Phosphor werden durch die Vergärung mineralisiert. Gärrestsubstrate aus Biogasanlagen sind somit ein gleichwertiger Ersatz für Mineraldünger, insbesondere da sie sich ohne großen technischen Aufwand auf landwirtschaftlichen Anbauflächen ausbringen lassen, schnell in den Boden eindringen und deren Nährstoffe für die Pflanzen verfügbar sind.

Da die Gärrestsubstrate vor allem schnell verfügbaren Stickstoff enthalten, müssen sie möglichst nahe am Bedarfszeitpunkt für Stickstoff eingesetzt werden. Außerhalb dieser Zeiten können ausgebrachte Gärrestsubstrate eine schlechte N-Wirkung zeigen und zu Nitratbelastungen des Sickerwassers

führen. Daher müssen die Gärrestsubstrate gespeichert werden. Diese Umstände führen zu anlagentechnischen, personellen und logistischen Aufwendungen der Biogasanlagenbetreiber, die sich letztendlich in hohen Betriebskosten niederschlagen.

Aufbereitung in drei Stufen

Die Totalaufbereitung der Gärreste erfolgt durch ein von der A3-Water Solutions GmbH entwickeltes Verfahren in folgenden Aufbereitungsstufen:

- Dekanter in Kombination mit der bedarfsweisen Zudosierung von Fällmitteln zur Elimination der Feststoffe und Reduzierung der organischen Inhaltsstoffe sowie anschließender Siebung
- Ultrafiltration mit keramischen Membranen der atech innovations gmbh zur Reduktion der ungelösten Makromoleküle
- Umkehrosmose zur Entfernung gelöster, niedermolekularer Substanzen, wie Härtebildner und Salze

In einem ersten Behandlungsschritt wird das Gärrestsubstrat aus dem Endlagerbehälter zunächst einer Fest-Flüssig-Separation mittels Dekanter-Zentrifuge unterzogen. Bei grobfaserigen Stoffen im Gärrestsubstrat wird dem Dekanter ein Pressschnecken-Separator vorgeschaltet. Bedarfsweise wird zur besseren Abtrennung der Feststoffteilchen, der kolloidalen Trübstoffe sowie der Organikanteile im Zulauf des Dekanters ein anorganisches Flockungsmittel zudosiert und damit das im Gärrestsubstrat enthaltene Fouling-Potenzial um ein Vielfaches reduziert.

Die ausgetragenen Feststoffe aus Separator und Dekanter werden auf eine Förderschnecke geleitet und einer Lagerstelle im Freien zugeführt. Die abgetrennte flüssige Phase (Zentrat) enthält noch einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 2 % und wird einer nachfolgenden Siebung zugeleitet. Die Entfernung von faserigen Stoffen sowie Feinpartikeln, die durch den Dekanter nicht entfernt werden können, erfolgt mithilfe eines Siebes. Dies ist in erster Linie erforderlich, um einer Verblockung der im Nachgang eingesetzten Ultrafiltrations-Membranmodule durch Partikel vorzubeugen. Die abgetrennten Feststoffe werden über eine Austragsöffnung vom Sieb entfernt und ebenfalls über die Förderschnecke zur Lagerstelle transportiert. Das Ablaufwasser wird in einer Pumpenvorlage aufgefangen und dem Vorlagebehälter der nachgeschalteten Ultrafiltrationsanlage zugeführt.

Hohe Abriebfestigkeit

Bei der Ultrafiltration wird eine selektive Porenmembran mit einer Porenweite von 0,2–0,05 µm eingesetzt, durch die makromolekulare Stoffe aus dem Zentrat entfernt werden. Bevorzugt werden keramische Multikanal-Membranen der Firma atech innovations gmbh, die sich im Bereich der Gärrestaufbereitung durch die speziellen Materialeigenschaften gut bewährt haben. Hier sind vor allem hohe Flux-Leistungen verbunden mit sehr guter chemischer, thermischer und mechanischer Beständigkeit und die daraus resultierende Betriebssicherheit zu nennen. Für den Einsatz bei stark abrasiven Medien, wie sie auch in der Gärrestaufbereitung anfallen, hat die atech innovations gmbh die Titanoxid-Keramikmembranen Duratech entwickelt. Duratech weist dank eines neuartigen Beschichtungsverfahrens, das im Wesentlichen auf kontrolliertem Kristallwachstum beruht, eine noch höhere Abriebfestigkeit als die ebenfalls sehr beständige Standardmembran auf. Dies wurde in standardisierten Kratzversuchen unter definierten Bedingungen sowie verschiedenen Anwendungen nachgewiesen.

Im Verfahren zur Gärrestaufbereitung wird die Ultrafiltration mit keramischen Membranen eingesetzt zur:

- Abtrennung von Feststoffen und gelösten Makromolekülen
- Elimination von Keimen und Bakterien
- Rückhaltung der Fermenter-Biomasse
- Abbau des partikulären CSB

Der Einbau der Membranen in Filtrationsanlagen erfolgt in so genannten Modulen, in denen mehrere Träger in Edelstahlgehäusen zusammengefasst sind. Auch diese Druckgehäuse bietet atech in unterschiedlichen Stahlqualitäten und Designs an. Bei der Querstromfiltration mit keramischen Membranen durchströmt das zu filternde Medium die Kanäle des Membranträgers. Alle Partikel/Moleküle, die größer sind als der Porendurchmesser der Membran, werden zurückgehalten. Im Konzentrat werden die Partikel/Moleküle angereichert. Das Filtrat durchdringt die Poren und wird im beschriebenen Anwendungsfall zur Einpeisung in die Umkehrosmose verwendet.

Saubere Abtrennung

Von den anderen Membranfiltrationsverfahren unterscheidet sich die Umkehrosmose da-

durch, nicht nur niedermolekulare Makromoleküle zurückzuhalten, sondern auch niedermolekulare Stoffe, wie Salze, Härtebildner und andere gelöste, ionogene Stoffe aus einem flüssigen Medium abzutrennen. Der Einsatzbereich für den Stoffrückhalt liegt zwischen 0,1 und 1 nm. Bei der von der A3-Water Solutions GmbH entwickelten Verfahrenskonzeption der Gärrestaufbereitung findet eine permeatgestufte Umkehrosmose Verwendung. Permeatgestuft bedeutet, dass mehrere Umkehrosmoseanlagen mit unterschiedlichen Druckstufen in Reihe geschaltet sind und das Permeat der ersten Umkehrosmosestufe zusätzlich durch eine zweite und dritte Umkehrosmosestufe nachgereinigt wird. Das erzeugte Permeat der Umkehrosmosestufe I ist bereits weitgehend frei von im Wasser gelösten Salzen, Stickstoff und den übrigen Nährstoffen, weist jedoch durch die Verschiebung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts eine hohe Aufnahme an Kohlensäure auf, die entfernt werden muss. Daher ist zwischen der Umkehrosmosestufe I und der Umkehrosmosestufe II ein CO₂-Rieseler installiert. Hierdurch lässt sich der Gehalt an freier Kohlensäure im Permeat auf < 10 mg/l reduzieren.

Die Kosten für die Aufbereitung der Gärreste inklusive der Kapitaldienste wurden während der Planungsphase der ersten Referenzanlage der A3-Water Solutions GmbH, die über eine Kapazität von 64000 t pro Jahr verfügt und seit etwa 18 Monaten in Betrieb ist, mit 5,10 €/t angenommen. Bereits im ersten Betriebsjahr wurde dieser Wert durch Optimierungen der Verfahrenstechnik und einem effizienten Betriebsmanagement unterschritten. Die Gärrestaufbereitung produziert ein Permeat mit hoher Reinwasserqualität und einen festen und flüssigen Rückstand mit Wertstoffqualität.

Wertschöpfungspotenziale

Das flüssige Gärprodukt, das als Konzentrat aus der Umkehrosmoseanlage gewonnen wird, hält die Rechtsbestimmung der Düngerverordnung, der Bioabfallverordnung und der Bodenschutzverordnung ein, da es vor allem Kalium- und Stickstoffverbindungen in hohen Konzentrationen enthält. Im Verhältnis zum ursprünglichen, unbehandelten Gärrestsubstrat liegen die Massenkonzentrationen der Nährsalze im Konzentrat um etwa zehn bis 15 Massenprozent höher. Inzwischen ist das flüssige Gärprodukt mit dem RAL-Gütezeichen Gärprodukt (RAL-GZ 256/1) ausgezeichnet



Ultrafiltrations-Teilanlage mit Edelstahl-Membranmodulen

Parameter	festes Gärprodukt (Dekantat und Überkorn)	flüssiges Gärprodukt (Konzentrat)
Phosphor (P ₂ O ₅)	13,8 g/kg FM	3,3 g/kg FM
Kalium (K ₂ O)	5,5 g/kg FM	9,4 g/kg FM
Magnesium (MgO)	2,9 g/kg FM	0,0022 g/kg FM
Calcium (CaO)	4,4 g/kg FM	0,012 g/kg FM
gesamter Stickstoff (N _{ges.})	4,8 g/kg FM	8,2 g/kg FM
Sulfat (SO ₄)	0,052 g/kg FM	0,049 g/kg FM
Schwefel (S)	19 g/kg FM	7 g/kg FM

Nährstoffzusammensetzung von festen und flüssigen Gärrestprodukten aus der Aufbereitung bezogen auf Frischmasse (FM)

worden. Das feste Gärprodukt, das an der Pressschnecke, am Dekanter bzw. am Sieb abgetrennt wird, erfüllt genau wie das flüssige Gärprodukt alle entsprechenden Verordnungen und ist ebenfalls mit dem RAL-GZ 256/1 ausgezeichnet. Dieses Gütezeichen besagt, dass es sich bei dem auf Basis der durch Dekantierung bzw. Siebung und der Membranfiltration erzeugten Gärprodukte um zertifizierte Wertstoffe handelt, die zur Bodenverbesserung und Düngung nachhaltig eingesetzt werden können. Somit wird das Wertschöpfungspotenzial einer Gärrestaufbereitungsanlage deutlich gesteigert.