

Das KOMPOFERM[®]-Verfahren

Verfahrenseinordnung

Das KOMPOFERM[®]-Trockenvergärungsverfahren kann als mesophiles oder thermophiles Vergärungsverfahren im Batchsystem betrieben werden. Alle stapelbaren biogenen Reststoffe, wie zum Beispiel Bioabfall, die biogene Fraktion von Restabfall, Pferde- und Rindermist sind systemkompatibel, sodass das Trockenvergärungsverfahren universell einsetzbar ist.

Aufbereitung Bioabfall

Grundsätzlich kann das Inputsubstrat unaufbereitet in die Fermentertunnel eingebracht werden. Zur Störstoffentfrachtung empfiehlt sich sowohl eine Klassierung bei 80 bis 100 mm als auch eine Sortierung, d. h. die Abtrennung von Metallen und/oder Kunststoffen. Der Überlauf der Klassierung kann mit einem Langsamläufer zerkleinert und dem Siebdurchgang zugefügt werden.

Der aufbereitete Bioabfall wird mittels Radlader oder vollautomatisch über ein Fördersystem in die Fermentertunnel eingetragen. In Abhängigkeit des Jahresganges und damit des Volumens des aufbereiteten Frischabfalls sowie der Fermenterbauhöhe variiert die Füllhöhe zwischen 2,5 und 3,3 m. Nach dem Befüllen wird das Fermentertor verschlossen und mit einer umlaufenden Druckluftdichtung gasdicht verriegelt.



Abb. 1: KOMPOFERM[®]-Verfahren Kompostwerk Nieheim-Oeynhausen

Technik der Bioabfallvergärung

Das Aufheizen des Substrats auf die gewünschte Prozesstemperatur erfolgt aerob. Hierzu wird über einen Belüftungsboden im Fermentertunnel der Frischabfall zwangsbelüftet, die Selbsterhitzung des Materials bewirkt nach durchschnittlich 24 Stunden das Erreichen der mesophilen bzw. der thermophilen Prozesstemperatur. Durch die Nutzung der Eigenenergie des Frischabfalls ist eine zusätzliche Wärmezufuhr (Beheizung) der Fermenter nicht erforderlich. Aufgrund der intensiven Perkolation zu Beginn des Prozesses ist zum Start des Fermentationsprozesses eine Animpfung des Frischabfalls mit vergorenem Substrat nicht notwendig.

Nach Erreichen der vorgewählten Prozesstemperatur erfolgen die Abschaltung der Belüftung sowie der Start der Perkolation automatisch. Mit der Abwärme der Blockheizkraftwerke (BHKW) wird das kreislaufgeführte Perkolat über Wärmetauscher permanent auf Prozesstemperatur rückerwärmt. Durch die Perkolation wird die anaerobe Biologie in dem Fermentertunnel etabliert, gleichzeitig werden Hydrolyseprodukte mit dem Perkolat aus dem Substrat ausgetragen. Organische Säuren und ausgewaschene organische Partikel werden im Perkolatfermenter zu Biogas umgesetzt. Durchschnittlich wird eine Methankonzentration von ca. 55 Vol.-% im Biogas erreicht.

Sobald die Perkolation gestartet wird, kann das produzierte Schwachgas über Gasspeicher im BHKW verstromt werden, da die Trockenfermenter im zeitlichen Versatz zueinander betrieben werden. Der diskontinuierliche Biogasertrag aus dem Batchbetrieb ist durch den Gasraum des Perkolatfermenters und groß dimensionierten Biogasspeicher für einen kontinuierlichen BHKW-Betrieb ausreichend nivelliert. Das gesamte Biogassystem einer Anlage ist grundsätzlich korrespondierend miteinander verbunden.

Die Entwässerung des Substrats erfolgt während des Fermentationsprozesses permanent über den Belüftungsboden und seitliche Drainagebleche über die gesamte Fermenterlänge. Das Perkolat wird im Freispiegelgefälle über einen Sandfang in den Perkolatfermenter zurückgeführt. Im Sandfang sedimentieren Inert- und Störstoffe. Die Wärmeübertragung in die Fermentertunnel erfolgt nur durch das Perkolat, d. h. die Tunnelfermenter selbst werden nicht beheizt. Das gesamte Bauwerk, d. h. die Fermentertunnel, der Sandfang sowie der Perkolatfermenter sind allseitig wärmegeämmt.

Der Fermentationsprozess wird nach einer Verweilzeit von ca. drei Wochen durch die Abfahrphase abgebrochen. Der eigentliche Abfahrprozess wird gestartet, indem mit einem Verdichter Frischluft über den Belüftungsboden durch das Gärsubstrat geblasen wird, sodass auch das im Porenvolumen des Gärreststoffs enthaltene Biogas ausgetrieben wird. Damit wird nicht nur das Biogas im Kopfraum des Fermentertunnels, sondern auch das im Gärrest enthaltene entfernt.

Der Abfahrvorgang untergliedert sich in drei Stufen. Da das entstehende Abgas zu Beginn des Abfahrbetriebs noch eine hohe Methankonzentration aufweist, wird dieses Biogas zur



Nutzung in das Biogassystem geleitet. Bei einem parametrierbaren Schwellenwert der Methankonzentration wird automatisch das Abgas zur klimaneutralen Verbrennung einer Schwachgasfackel zugeführt. Als letzter Schritt wird die Abluft in einer Abluftbehandlungsanlage, wie z. B. einem sauren Wäscher und einem Biofilter, gereinigt. Auch dieser Schritt erfolgt vollautomatisch ab einer parametrierbaren Methankonzentration in der Abluft. Ferner werden Ammoniakfrachten während des Abfahrvorgangs aus dem Material ausgetragen.

Der Abfahrvorgang ist nach durchschnittlich sechs Stunden beendet und der Gärrest damit vollständig aerobisiert. Damit ist eine begehbare Atmosphäre im Fermentertunnel hergestellt, sodass am Ende des Abfahrvorgangs die Fermentertore freigegeben und geöffnet werden können. Anschließend wird der Gärreststoff aus dem Fermentertunnel mit einem Radlader ausgetragen.

Gärrestkonditionierung (z. B. Aerobisierung, Fest-Flüssig-Trennung)

Die Gärrestkonditionierung erfolgt systemimmanent. Die Drainageeinrichtungen in den Fermentertunneln gewährleisten eine hohe Entwässerung des Substrats. Der zum An- und Abfahren vorhandene Belüftungsboden wird während des Fermentationsprozesses zur Entwässerung des Gärreststoffs genutzt. Zusätzlich wird das Substrat während der Fermentation durch seitlich installierte Drainagebleche über die gesamte Länge eines Fermentertunnels entwässert. Eine klassische Fest-Flüssig-Trennung ist daher im KOMPOFERM[®]-System nicht erforderlich, da der Gärreststoff auch nach einer Fermentationszeit von 21 Tagen stapelbar ist. Durchschnittlich weist der Gärreststoff aus Bioabfall einen Trockensubstanzgehalt von ca. 32 % auf.

Hygienisierung

Bei einer thermophilen Betriebsweise ist die Erzeugung von hygienisierten Produkten, wie Gärreststoff und Perkolat, in Abhängigkeit der gesetzlichen Rahmenbedingungen innerhalb des Verfahrens möglich. Der Nachweis der Hygienisierung der Substrate erfolgt im Rahmen einer direkten Prozessprüfung. Wird die Fermentationsanlage im mesophilen Temperaturbereich betrieben, muss die Hygienisierung der festen und flüssigen Substrate separat erfolgen. Beispielsweise kann das Perkolat mittels Abwärme des BHKW's erhitzt und damit hygienisiert werden, der Gärreststoff in der sich anschließenden Konditionierung.

Gärrestbehandlung

Die Ziele einer sich anschließenden Behandlung von Gärresten nach einer Trockenfermentation sind unterschiedlich. Das Substrat sollte zur Reduzierung von Methan- und Ammoniakemissionen aerobisiert und zur Entlastung der weiteren Abluftbehandlung von Methan und Ammoniak entfrachtet, bei mesophiler Prozessführung einer Hygienisierung unterzogen und als Voraussetzung zur Siebfähigkeit weitgehend entwässert sein. Des Weiteren sollte der gewünschte Reifegrad des Endprodukts erzielt werden.

In der Praxis erfolgt die Weiterverarbeitung von Gärrest aus einer Trockenfermentation immer standortspezifisch. So kann der Gärrest beispielsweise als überdachte Mieten- oder Zeilenkompostierung oder in einer Tunnelrotte aerob weiterbehandelt werden.

Im Fall einer überdachten Mietenkompostierung kann der Gärrest mit Strukturzugabe beispielsweise aus einer Feinabsiebung weiterbehandelt werden. Die Mietenhöhe und -breite sind variabel, die Mietenlänge durch das Bauwerk vorgegeben. Bis der Gärreststoff einen hohen Rottegrad und den für die Weiterbehandlung erforderlichen Trockensubstanzgehalt erreicht hat, ist eine Verweildauer von ca. zehn bis zwölf Wochen erforderlich. Alternativ kann in einer Tunnelrotte der Kompostierungsprozess aktiv gesteuert werden. Zur Verbesserung der Durchlüftbarkeit wird dem Gärrest Strukturmaterial zugesetzt. In den Rottetunneln wird der Kompostierungsprozess kontinuierlich über ein Prozessleitsystem kontrolliert und geregelt, damit der Rotteprozess optimal abläuft und eine Hygienisierung des Gärreststoffs auch bei Qualitäts- und Mengenschwankungen des Inputsubstrats innerhalb kurzer Zeit gewährleistet ist. Umsetzungsvorgänge können variabel gestaltet werden. Jeder Umtrag ist eine Kombination aus Tunnelaustrag und -eintrag und dient zur Auflockerung, Homogenisierung und Belüftung des Materials sowie zur optionalen Wasserzugabe. Die Behandlung von Gärreststoffen in Rottetunneln erlaubt eine vollumfängliche Abluffterfassung und damit eine gezielte Abluftreinigung. Die Verweilzeit ist gegenüber einer offenen Miete deutlich reduziert, die Investitions- und Betriebskosten im Vergleich höher. Abschließend wird das Endprodukt abgeseibt, bevor es an den Endverbraucher abgegeben wird.

Maßnahmen zu Emissionsminderungen

In der Prozessphase des Anfahrens wird die mit CO₂ angereicherte Abluft des aeroben Abbauprozesses zur Reduktion der geruchsintensiven Stoffe in einer Abluftbehandlungsanlage zum Beispiel in einem sauren Wäscher und Biofilter gereinigt. Wie bereits dargestellt, wird in der Prozessphase des Abfahrens das Biogas erst in das vorhandene Biogassystem geführt, dann in einer Schwachgasfackel verbrannt und abschließend die Fermentertunnelabluft einer Abluftbehandlungsanlage zugeführt.

Zur Einhaltung des Arbeits- und Emissionsschutzes werden die Fermentertunnel während der Befüll- und Entleervorgänge grundsätzlich mit einem minimalen dreifachen zur Rückwand gerichteten Luftwechsel entlüftet und auch diese Abluft über eine Abluftbehandlungsanlage gereinigt.

Durch Integration eines KOMPOFERM[®]-Membrandachs im Fermentertunnel können zusätzlich Emissionen vermindert werden. Dieses Dach kann als Doppelmembrandach ausgeführt werden und besteht aus einer lagestabilen oberen Membran unter der eine flexible, d. h. lageveränderliche Membran fixiert ist. Das Arbeitsvolumen wird durch Über- und Unterdruck geregelt. Die Steuerung des Membrandachs eines jeweiligen Fermentertunnels erfolgt über die Druckverhältnisse während des An- und Abfahrens und in Abhängigkeit der unterschiedli-

chen Methangehalte im Biogas entsprechend der Phase des Fermentationsprozesses. Die Biogasqualität wird durch eine aktive Bewirtschaftung der einzelnen Membrandächer eingeregelt. Der N_2 -/ O_2 -Eintrag in das Gassystem wird beim An- und Abfahren reduziert und insbesondere die Reduktion der Freisetzung klimarelevanter Gase beim Abfahren minimalisiert.

Erzeugte Produkte und favorisierte Vermarktung

Wird als Inputmaterial Bioabfall eingesetzt, so wird nach der Fermentation und der sich anschließenden Gärrestbehandlung ein gütegesicherter Frisch- oder Fertigkompost erzeugt. Das hygienisierte Perkolat wird als gütegesichertes Düngemittel eingesetzt. Beides erfolgt standortspezifisch. Die Vermarktung des Komposts der eigenen Kompostwerke geschieht über ein firmeninternes Vertriebssystem.

Besonderheiten des Verfahrens

Die Besonderheiten des KOMPOFERM[®]-Verfahrens sind im Text erläutert. Auf ein Rührwerk im Perkolatfermenter wird beim KOMPOFERM[®]plus-Verfahren bewusst verzichtet, da aufgrund von Mäanderkammern im unterirdischen Perkolatfermenter sich eine definierte Verweilzeit des Perkolats und damit eine Pfropfenströmung einstellt. Durch das Einhalten einer definierten Temperatur- und Zeitkombination wird eine vollständige Hygienisierung des Perkolats erreicht. Die Perkolatentnahme am Ende der Fließstrecke des Perkolatfermenters gewährleistet, dass das Substrat ausschließlich mit hygienisiertem Perkolat befeuchtet wird. Beim klassischen KOMPOFERM[®]-Verfahren kann ein Rührwerk im außenliegenden Perkolatfermenter aufgrund einer geschickten Anordnung des Zulauf- und Ablaufstroms entfallen.



Abb. 2: KOMPOFERM[®]plus-Verfahren Kompostwerk Gütersloh

Referenzanlagen

Anlagenstandort	Land	Kapazität	Inputmaterial	Inbetriebnahme
Nieheim-Oeynhaus	Deutschland	85.000 t/a davon 24.000 t/a Vergärungsanlage	Bioabfall, Grüngut	Apr 2007, mesophil
Schweinfurt	Deutschland	17.000 t/a	Bioabfall, Speisereste	Dez 2007, mesophil
Aiterhofen	Deutschland	15.000 t/a	Bioabfall	Dez 2008, mesophil
Marburg	Deutschland	12.000 t/a	Bioabfall	Apr 2010, mesophil
Wargau	Deutschland	14.000 t/a	Bioabfall	Dez 2011, mesophil
Aschaffenburg	Deutschland	15.000 t/a	Bioabfall	Nov 2011, thermophil
Bad Oeynhaus	Deutschland	3.600 t/a	Bioabfall, Grüngut, Versuchschargen	Dez 2011, thermophil
Gütersloh	Deutschland	65.000 t/a davon 30.000 t/a Vergärungsanlage	Bioabfall	Jan 2012, thermophil
Alter do Chao, Valnor	Portugal	20.000 t/a	Restabfall	Mai 2012, mesophil
Würselen	Deutschland	30.000 t/a davon 18.250 t/a Vergärungsanlage	Bioabfall	Jul 2012, mesophil
Bützberg	Deutschland	60.000 t/a	Bioabfall	Dez 2012, mesophil
Mainz-Essenheim	Deutschland	48.000 t/a davon 41.000 t/a Vergärungsanlage	Bioabfall	Okt 2013, thermophil
Sofia	Bulgarien	44.000 t/a davon 20.000 t/a Vergärungsanlage	Bioabfall, Grüngut	Warm-IBN Jan 2014, Nassfermentation
Ahrenshöft	Deutschland	4.000 t/a	Bioabfall, Grüngut	Probetrieb Jan 2014, thermophil

Weitere Infos und Kontakt: www.f-e.de