



hooglastvergisting

De vergisting van drijfmest biedt een groot potentieel door de grote beschikbaarheid van drijfmest in Duitsland en Nederland. Naast de bestaande hoeveelheden die al voor energiedoeleinden worden gebruikt, bedraagt het nog exploiteerbaar potentieel meer dan 4 TWh elektriciteit, overeenkomend met meer dan 50 miljoen ton drijfmest. Het lage drogestofgehalte en de daarmee gepaard gaande lage energiedichtheid per m3 drijfmest maakt monovergisting in conventionele biogasinstallaties moeilijk, zoals bijvoorbeeld wordt gedaan in 75 kW-installaties (en grotere). Dit vereist soms de toevoeging van co-substraten. Toch heeft de productie van biogas uit biogene residuen en hernieuwbare grondstoffen de laatste jaren aan betekenis gewonnen. De biogassector staat echter voor nieuwe uitdagingen door de recente wijziging van de wet 'Erneuerbaren Energien Gesetz' (EEG, Duitsland) en de Stimulering van Duurzame Energieproductie (SDE+, Nederland). Het is uiterst moeilijk om het biogasproces economisch rendabel te laten verlopen tegen de achtergrond van de verlaging van de vergoedingstarieven (huidige tarieven in tabel 1 en tabel 2).

Groene Kaskade

Het Interreg project **Groene Kaskade** wil de kansen benutten voor het verder uitbouwen van de bio-economie in de Duits-Nederlandse grensregio door het beter gebruiken en verwaarden van alle input- en outputstromen die onderdeel uitmaken van de biogasketen.

Rond dit onderwerp werkt een consortium van ruim 20 partners samen aan elf innovatieve deelprojecten, gericht op het verbeteren van de waardeketen met een specifieke focus op een economische waardevollere benutting van de input- en outputstromen die onderdeel uitmaken van de biogasketen.

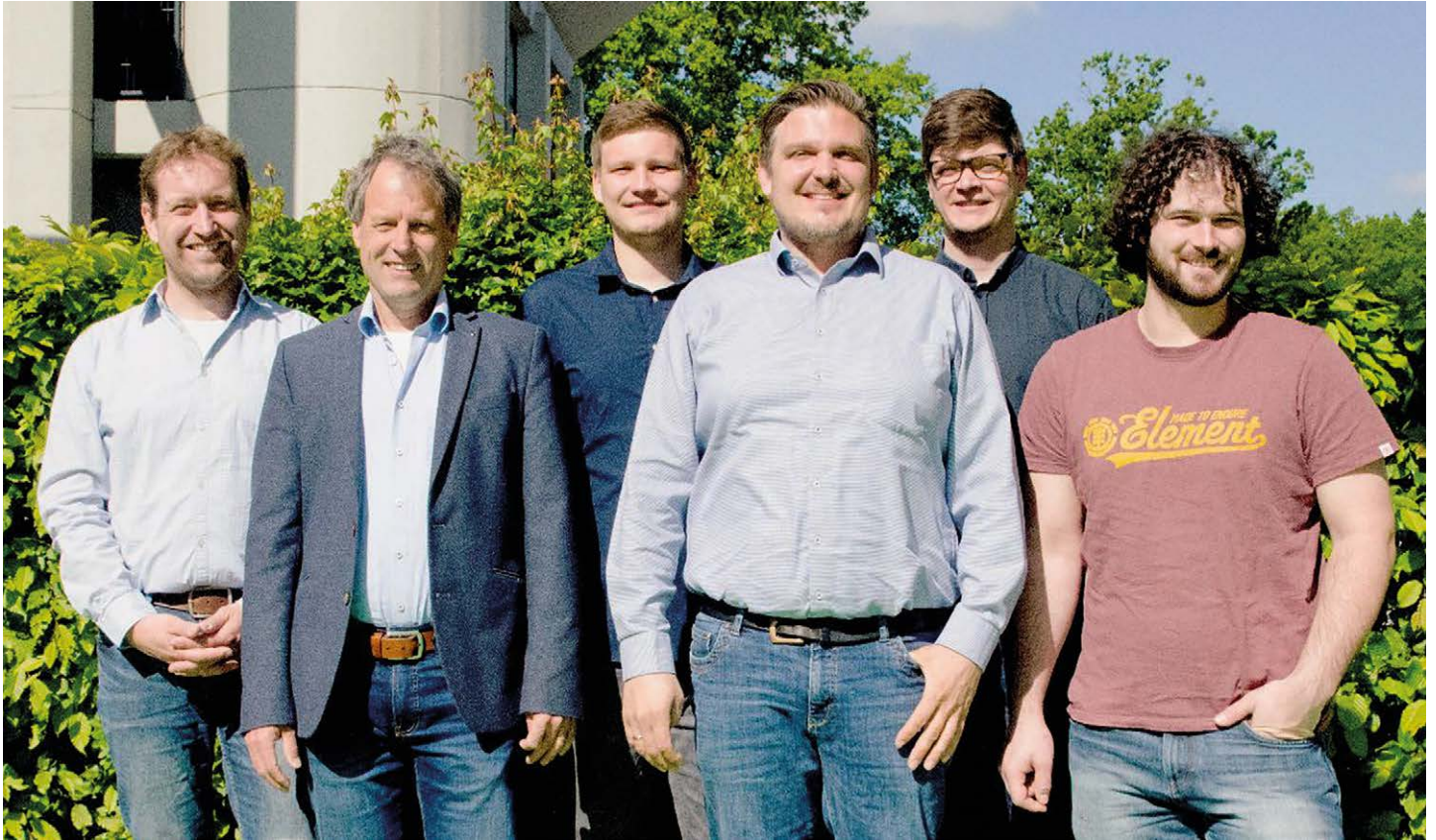
Tabel 1: Vergoeding volgens de EEG 2017 voor nieuwe installaties in Duitsland

Bijzondere categorie „Vergisting van mest”	Vergoeding (Cent/kWh)	Voorwaarden
Tot en met een nominaal vermogen van 75 kW	23,14	De norm is van toepassing als: 1. de elektriciteit ter plaatse wordt opgewekt door de biogasinstallatie 2. de geïnstalleerde capaciteit ter plaatse van de biogasproductie-installatie in totaal maximaal 150 kilowatt bedraagt 3. voor de productie van biogas in het betrokken kalenderjaar gemiddeld een aandeel drijfmest, met uitzondering van pluimveemest en droge pluimveemest, van ten minste 80 massaprocent wordt gebruikt.

Opmerking: Alle vergoedingen worden met ingang van 1 april 2017, op 1 april en 1 oktober van elk jaar met 0,5 procent verlaagd.

Tabel 2: Vergoeding voor energie uit biomassa volgens SDE+ in Nederland voor 2019

		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Basis prijs	Voorlopig correctiebedrag 2019
		Maximaal basisbedrag/fasebedrag (€/kWh)			€/kWh	
Monovergisting van drijfmest < 400 kW	Warmte	0,090	0,103	0,103	0,052	0,059
	Gas	0,064	0,078	0,087	0,013	0,019
	CHP	0,090	0,110	0,127	0,041	0,053
Monovergisting van drijfmest > 400 kW	Warmte	0,065	0,065	0,065	0,019	0,026
	Gas	0,064	0,071	0,071	0,013	0,019
	CHP	0,077	0,077	0,077	0,025	0,036



Afbeelding 1: De projectpartners van links naar rechts: Andreas Thesseling (PlanET Biogastechnik GmbH), Frans Feil (Bio-energiecluster Oost-Nederland), Alexander Naßmacher, Dr.Ing. Elmar Brüggling (FH Münster), Tobias Weide (FH Münster), Jeroen Terwort (PlanET Biogastechnik GmbH)

De implementatie van anaerobe hooglastreactoren in conventionele biogasprocessen kan een oplossing zijn. Het doel van het Duits-Nederlandse projectteam is om door middel van innovatieve reactorconcepten de efficiëntie van bestaande biogasinstallaties en daarmee de totale rentabiliteit van de biogasproductie te verhogen. Tegelijkertijd kunnen de voorheen onbenutte biogene reststofpotentialen gebruikt worden, waardoor het toepassingsgebied van de biogastechnologie wordt uitgebreid. Deze en andere uitdagingen werden aangegaan door het projectconsortium van het deelproject hooglastvergisting bestaande uit **PlanET Biogastechnik GmbH** (PlanET), **Bio-energiecluster Oost-Nederland** (BEON) en het onderzoeksteam van **FH Münster** onder leiding van Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter en Dr.-Ing. Elmar Brüggling. Het project werd geleid door Tobias Weide, hoofd van de werkgroep: Afvalwater- en Milieutechnologie.

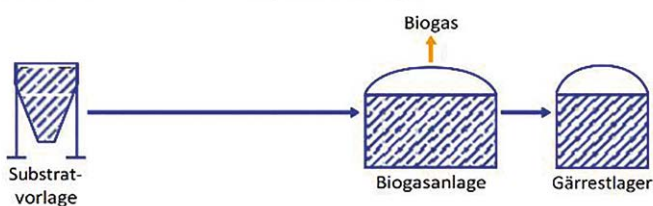
Het concept van hooglastvergisting

In het kader van het deelproject is een nieuw procesconcept toegepast voor de vergisting van vloeibare, gescheiden varkensmest en andere vloeibare reststoffen door middel van hooglastvergisting. Door middel van een voorafgaande scheidingsstap worden vloeibare en vaste componenten van de drijfmest gesplitst. De vaste fase zal verder worden vergist in bestaande en conventionele biogasinstallaties en de vloeibare fase zal worden vergist in hooglastreactoren, zie afbeelding 2.

Het concept biedt de volgende voordelen en uitbreidingen van het proces:

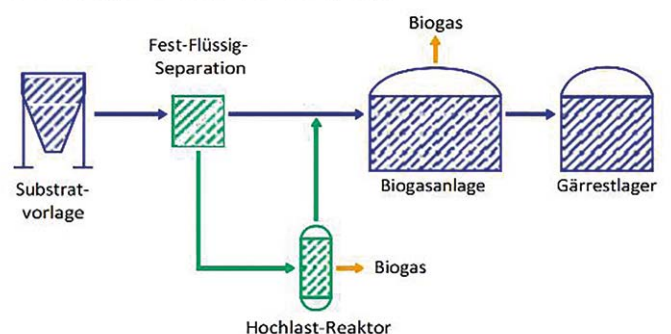
- De dichtheid van de micro-organismen wordt verhoogd door een in de reactor ingebouwd retentiesysteem voor biomassa, waardoor de afbraaknelheid en het afbraakrendement toenemen.

Konventionelle Biogasanlage



Hochlastvergärung

Erhöhter Wirkungsgrad durch effizientere Vergärung



Afbeelding 2: Schema van de integratie van hooglastreactoren in het biogasproces

- De verblijftijd van de substraten is drastisch verkort ($\tau < 4$ d) in vergelijking met de conventionele biogasinstallatietechnologie ($\tau=60$ tot 120 d)
- Het biogaspotentieel van de substraten wordt ondanks de kortere verblijftijden volledig benut. Nog hogere biogaspotentialen kunnen worden bereikt door middel van synergie-effecten
- De hooglastvergisting kan als extra module in bestaande biogasinstallaties worden geïntegreerd, waardoor het totale rendement van de installatie wordt verhoogd.

Tijdens het conceptuele ontwerp zijn de twee gebieden: Industriële en gemeentelijke afvalwaterzuivering en de technologie van de landbouwbiogasinstallaties samen gebracht. Beide sectoren lijken sterk op elkaar, aangezien er bij beiden anaerobe processen worden gebruikt en biogas wordt geproduceerd. De benaderingen en doelstellingen zijn echter verschillend:

Industriële afvalwatertechniek:

- Recycling van vloeibare substraten
- Doel: verwijderen van koolstof uit afvalwater
- Biogasproductie meestal van minder belang, eerder positief neveneffect
- Reactortechnologie: korte verblijftijden, grote ruimtebehoefte, laag vergistingsvolume
- Klein oppervlak vereist
- Hoge mate van automatisering

Biogastechnologie in de landbouw:

- Gebruik van voornamelijk vaste biomassa en substraten
- Doel: produceren van een maximale biogasopbrengst
- Reinigingsprestatie en terugwinning van voedingsstoffen zijn meestal van minder belang.
- Reactortechnologie: lange verblijftijden, grote ruimtebehoefte, hoog vergistingsvolume

Het doel van het conceptuele ontwerp van de FH Münster en PlanET was om de voordelen van beide gebieden in één project te combineren.

Voor dit doel werden de reactortechnologieën van de industriële afvalwatertechnologie [vastbed, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) en EGSB-reactoren (Expanded Granular Sludge Bed) getest op hun geschiktheid in een agrarische context. Deze reactortechnieken maken de concentratie van micro-organismen mogelijk die nodig zijn voor vergisting. Daarvoor worden de micro-organismen via retentiemechanismen in het systeem gehouden. Deze verhoogde concentratie van micro-organismen zorgt ervoor dat de afbraakreacties worden versneld en uiteindelijk de aangeleverde substraten sneller en efficiënter worden vergist.

Op dit moment worden deze hooglastreactoren bijvoorbeeld gebruikt in de voedingsindustrie bij brouwerijen, bij de productie van vruchtensap of in de suikerindustrie en in de papierindustrie voor de behandeling van afvalwater. Bovendien kon men profiteren van de praktische ervaring van BEON op het gebied van industriële afvalwaterzuivering (koffieproductie).

De resultaten en de uitleg van de reactoren zijn te lezen in de volgende publicatie:
Weide, Tobias; Brüggling, Elmar; Wetter, Christof; *Biochemische omzetting van vloeibare biogene reststoffen met behulp van anaerobe hooglastreactoren voor de optimalisatie van conventionele*

biogasprocessen Publicatie in KTBL-uitgave 512 „Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven“ ISBN 978-3-945088-52-4; pagina 382-384, FNR/KTBL-congres, Bayreuth, september 2017

Het proces van hooglast in continue werking

Om de geschiktheid van het hooglastconcept te testen is in het kader van het deelproject een testprogramma ontwikkeld. Hiervoor werden 3 semi-technische reactoren ontworpen, gebouwd en geëxploiteerd in samenwerking met het bedrijf PlanET. De vastbed- en EGSB-reactoren zijn weergegeven in afbeelding 3 en afbeelding 4.



Afbeelding 3: Vastbedreactoren voor de vergisting van vloeibare, gescheiden varkensmest



Afbeelding 4: Expanded Granular Sludge Bed Reactor (EGSB) voor de vergisting van vloeibare, gescheiden varkensmest

Voor de testreeksen met betrekking tot vergisting van gescheiden mest werd een vastbedreactor op proefschaal (V=50 l) gevuld met Hiflow-keramische vulstoffen (afbeelding 5) en in werking gesteld. Om de reactortecnologie te vergelijken werd een tweede vastbedreactor (V = 50 l) met zadelvulstoffen (afbeelding 6) en een pellet slibreactor (Expanded Granular Sludge Bed, V = 30 l) in gebruik genomen.



Afbeelding 5: Hiflow vulstoffen



Afbeelding 6: Zadelvulstoffen

Met deze drie reactoren werden gedurende 2 jaar continue experimenten uitgevoerd met betrekking tot de vergisting van vloeibare biogene resten. Het doel was om ontwerpgegevens te bepalen voor een schaalvergroting naar pilotschaal en vervolgens een economische analyse van het gehele systeem.

Gescheiden varkensmest - een substraat met een hoog potentieel

In Nederland en Duitsland wordt momenteel ongeveer 30% van de geproduceerde mest energetisch gebruikt. Daarom heeft het Duits-Nederlandse projectconsortium mest van

mestvarkens en biggenmest gekozen voor het onderzoek naar monovergisting in de hooglastreactoren. Met de genoemde reactoren is de verblijftijd, de biogasopbrengst en de biogene afbraaksnelheid onderzocht. Daarvoor werd de varkensmest op de FH Münster met een fijnfilter gescheiden. Met dit fijnfilter kunnen vaste stoffen tot een grootte van > 100 µm van de vloeibare fase worden gescheiden. De gescheiden varkensmest werd opgeslagen in een koelbare opslagcontainer en twee andere 100 l koelbare opslagtanks. Bovendien werden deze containers onder stikstofatmosfeer gehouden. Deze gekoelde opslag van de substraten was nodig om vergisting van de varkensmest tijdens de opslag te voorkomen en zo de reproduceerbaarheid van de testresultaten te garanderen.

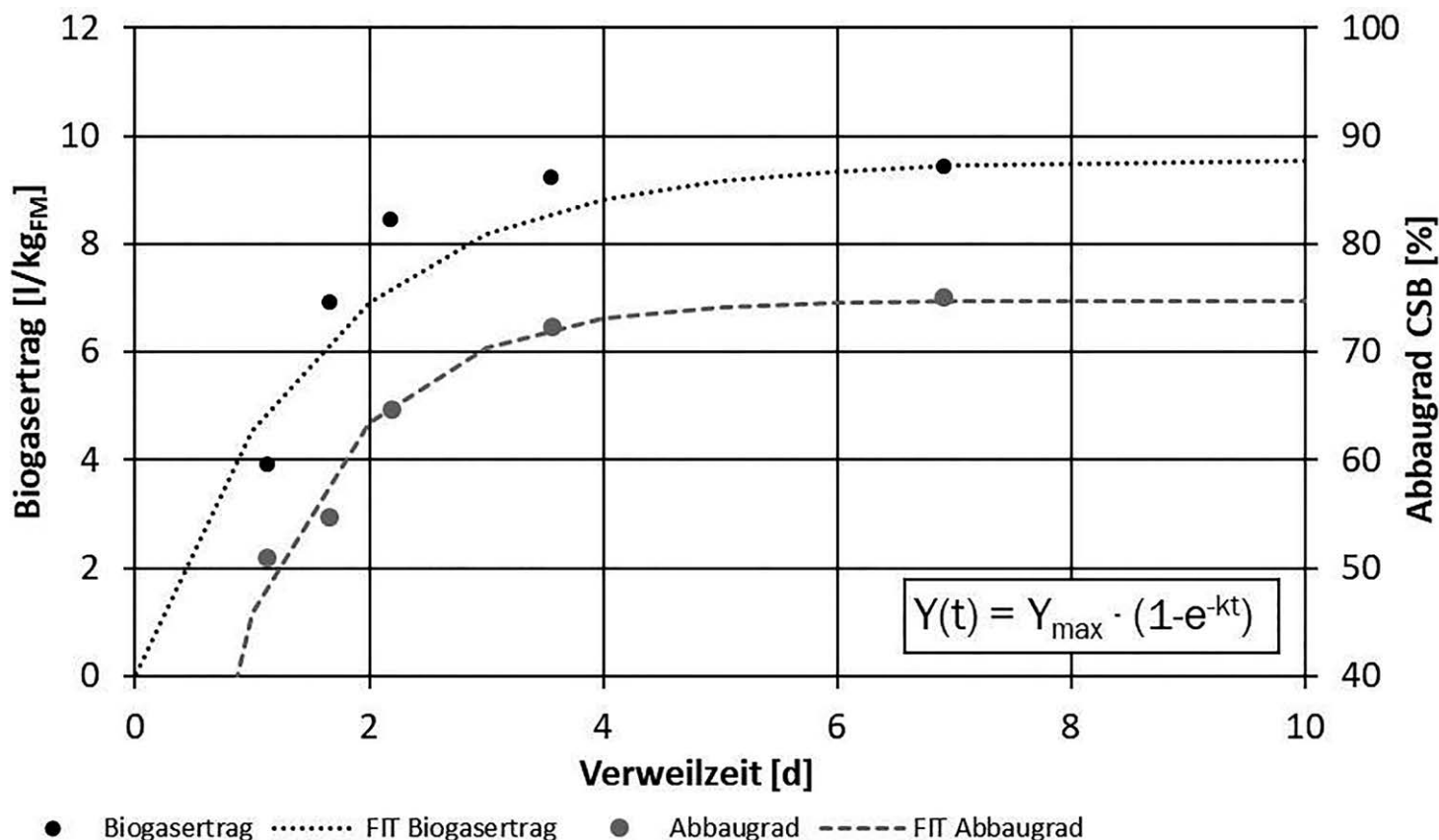
Voor de testreeksen werden de reactoren continu in werking gesteld bij $\vartheta = 40\text{ °C}$ en gevuld met gescheiden varkensmest (droogrest = 2 gew%, organische droogrest = 50 gew%). Voor de balans werden de reactoren met verschillende verblijftijden tot aan stationaire toestand geëxploiteerd. De biogaspotentialen, de biogene afbraaksnelheden, de ruimtelijke belasting en de hydraulische retentietijden werden bepaald.

Afbeelding 7 toont de resultaten van de testreeksen met gescheiden varkensmest. Gemiddeld werd bij de vergisting van vloeibare varkensmest een methaangehalte van 70 vol. % in het biogas bereikt. Dit is ongeveer 15 Vol.% meer dan in conventionele biogasinstallaties. Verschillende verblijftijden van het substraat in de reactoren werden onderzocht en de biogasopbrengst en de CZV-afbraaksnelheid (verschil tussen de CZV-waarde van de toediening en het verloop van het proces) werden dagelijks bepaald. De weergave van de afzonderlijke operationele punten resulteerde uiteindelijk in een verblijftijdafhankelijke degradatiecurve. Bovendien kon op basis van de gepresenteerde resultaten een verband worden gelegd tussen de biogasopbrengst en bijv. de mate van afbraak al naar gelang de verblijftijd. Deze samenhang is omschreven in de vergelijking die in afbeelding 7 weergegeven is.

Door het beschrijven en illustreren van de reactiesnelheid kon worden vastgesteld dat gescheiden biggenmest bijzonder efficiënt kan worden afgebroken in het hooglastconcept met een hydraulische verblijftijd van 4 d. Bij gebruik van gescheiden mest van mestvarkens werd dit optimum pas na een verblijftijd van 11 d bereikt. Verdere onderzoeken met kortere verblijftijden heeft aangetoond dat een groot deel van het biogaspotentieel kan worden bereikt, maar dat de biogene afbraaksnelheid afneemt. Deze resultaten maken duidelijk hoe verschillend de substraten zich gedragen tijdens de vergisting en wat een grote invloed zelfs kleine kwaliteitsverschillen hebben op de efficiëntie van het proces.

Voor de uiteindelijke, economische afweging van het proces werden de reeds gepresenteerde resultaten van de tests met biggenmest en tests met mest van mestvarkens geselecteerd. Concreet zou een eerste economische afweging van het systeem kunnen worden gemaakt op basis van de samenhang tussen verblijftijd en afbreekgraad ofwel biogasopbrengst, de batchtesten en de uitgebalanceerde scheiding.

Door het bepalen van de benodigde hoeveelheid mest, de benodigde plaatsen voor de dieren, de grootte van de reactor en het ontwerp van de pompen en de meettechniek zijn de benodigde kosten door projectpartner PlanET samengesteld.



Afbeelding 7: Resultaten van vastbedreactoren met gescheiden biggenmest als substraat en verschillende verblijftijden

Als gevolg daarvan werden de gasproductiekosten van het hooglastproces bepaald en vergeleken met een biogasinstallatie van 75 kWel.

Over een financieringsperiode van 12 jaar konden de gasproductiekosten van 11 cent/kWh voor de onderzochte mest van mestvarkens en 4,1 cent/kWh voor de onderzochte biggenmest worden vastgesteld. Ook hier zijn duidelijke verschillen in de gebruikte mest te zien. De gasproductiekosten van de conventionele biogasinstallatie bedragen daarentegen 4,8 cent/kWh.

Volgens de eerste schattingen zou het proces met biggenmest dus economisch kunnen worden uitgevoerd. Om het proces ook met mest van mestvarken economisch te verbeteren, zijn verdere optimalisaties en onderzoeken nodig. Zo kan de toevoeging van vloeibare co-substraten, zoals geperste of uitgeloopte sappen uit maïs of graskuilvoer, het rendement aanzienlijk verhogen.

De projectresultaten en de presentatie van de economische analyse zijn te vinden in de volgende publicatie: Weide, Tobias; Brüggling, Elmar; Wetter, Christof; Naßmacher, Alexander; *Anaërobe hooglastvergisting van gescheiden vloeibare varkensmest voor de optimalisatie en flexibilisering van biogasinstallaties*, publicatie in artikel 517 van de KTBL „Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven“ ISBN 978-3-945088-68-5; pagina 371-373, FNR/KTBL-Congres, Leipzig, september 2019.

Na afloop van het project kon een procesconcept worden gepresenteerd en wetenschappelijk onderzocht, dat nieuwe perspectieven biedt voor de biogasindustrie in Duitsland en Nederland. De publieke belangstelling is al groot, er is al

gevraagd om het concept klaar te maken voor de markt. Toch blijven er nog enkele vragen open.

- Hoe economisch kan het concept worden gerealiseerd met biogasinstallaties > 75 kW?
- Welke reststoffen zijn naast gescheiden vloeibare varkensmest ook geschikt voor vergisting in een hooglastconcept?
- Hoe gedraagt het proces zich op pilotschaal?

Deze en andere vragen worden onderzocht in het nieuwe project: BioSmart „Biogasproductie in hooglastvergisters voor intelligente energievoorziening“ (FKZ: 22031318), gefinancierd door het Duitse agentschap voor hernieuwbare energiebronnen.

Om met hoge snelheid biogas uit mest te produceren, is dit project voor de vergisting van gescheiden mest geslaagd. In hooglastreactoren zijn de verblijftijden minder dan 100 uur en niet 60 tot 100 dagen, zoals gebruikelijk is bij conventionele biogasinstallaties. Belangrijk hierbij is dat de mest direct wordt gebruikt voor energetische winning. Hoe „verser“ de mest, hoe meer biogas kan worden geoogst.



Tobias Weide M.Sc., auteur, FH Münster



Groene Kaskade Contactgegevens

De projectleider:
dhr. Dr. Meis van der Heide.

Mail:
M.vander.Heide@provinciegroningen.nl

De tweetalige Website:
www.gr-kaskade.eu

De nieuwsbrief redactie:
info@gr-kaskade.eu

Twitter: @groene_kaskade



Het project **Groene Kaskade** wordt mogelijk gemaakt door het EU programma: Interreg Deutschland Nederland, en het ministerie van Economische Zaken; de provincies Fryslân, Groningen, Drenthe en Overijssel en de Duitse deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Niedersächsisches Ministerium
für Bundes- und Europaangelegenheiten
und Regionale Entwicklung

provinsje fryslân
provincie fryslân



provincie
groningen

provincie Drenthe

provincie Overijssel