



## Methanisering

Meer duurzame energie voor de energietransitie maakt opslagcapaciteiten noodzakelijk vanwege de fluctuerende energieopwekking. Een mogelijkheid is het aardgasnet, dat een grote opslagcapaciteit heeft. Om het overschot aan duurzame elektriciteit in de toekomst op te kunnen slaan, kan het bijvoorbeeld met behulp van stroom-naar-gas technologie worden omgezet. Hier wordt met hernieuwbare elektriciteit en door elektrolyse van water waterstof (H<sub>2</sub>) opgewekt. Dit kan vervolgens worden omgezet in methaan (CH<sub>4</sub>) door middel van biologische methanisering en kooldioxide (CO<sub>2</sub>). Bij de conventionele, chemisch-katalytische methode na het Sabatierproces zijn hoge drukken (tot 200 bar), hoge temperaturen (tot 550 °C) en katalysatoren nodig.

Het onderzochte proces in het deelproject methanisering, methaboliseert door middel van anaerobe micro-organismen de gassen H<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> tot CH<sub>4</sub>. Biologische methanisering is een proces dat de laatste jaren in de research en industrie steeds belangrijker is geworden, vooral vanuit het oogpunt van duurzaamheid.

Het doel van het project was om met behulp van het biologische proces een methaangasmengsel te produceren dat voldoet aan de criteria voor levering aan het aardgasnet aan zowel de Duitse als de Nederlandse kant. In deze context werd de inpassing van biologische methanisering in de bestaande biogasinstallatietechnologie voor de omzetting van biogas in aardgaskwaliteit onderzocht. Daartoe is de methanisering geoptimaliseerd in praktijkexperimenten, zijn concrete toepassingsmogelijkheden geïdentificeerd en zijn gebruikconcepten opgesteld. Het projectconsortium, bestaande uit **HoSt BV** (Host), **WESSLING GmbH** en het onderzoeksteam van de **FH Münster** onder leiding van Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter en Dr.-Ing. Elmar Brüggling voerde de bewerking van deze belangrijke thema's uit. De projectuitwerking van de FH Münster deed Marion Schomaker van de afdeling Afvalwater- en Milieutechniek.

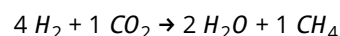
### Optimalisatie van het reactorconcept

Gebaseerd op de testen met roertankreactoren in het kader van het Green Gas project van het INTERREG IV A programma zijn samen met de projectpartner HoSt BV nieuwe testreactoren ontwikkeld. Tijdens de vorige testreeks werd vastgesteld dat door de zeer lage oplosbaarheid van H<sub>2</sub> in de reactor (ongeveer 1.000 keer lager dan de oplosbaarheid van CO<sub>2</sub>), het slechts zeer inefficiënt kon worden gemetaboliseerd tot CH<sub>4</sub>. Om deze reden werd de verblijftijd van H<sub>2</sub> in de reactoren verhoogd om tegelijkertijd de mogelijkheden van een reactie op CH<sub>4</sub> te vergroten. Daarom zijn de reactoren ontworpen en gebouwd met een grotere hoogte-diameterverhouding, zodat de

af te leggen weg en dus de verblijftijd van het gas in de reactor kon worden vergroot. Een andere manier om de reactiemogelijkheden van H<sub>2</sub> te verbeteren is het verhogen van de druk in het reactorsysteem. Door het verhogen van de druk wordt ook de oplosbaarheid van H<sub>2</sub> verbeterd. Deze optimalisatiemogelijkheid werd ook onderzocht door middel van testen met een overdruk tot 2,5 bar. Er werd daarbij gelet op het vermijden van waterstofverliezen door afdichtingen en kleppen. Tegelijkertijd moest het ontwerp zorgen voor een flexibele werking, zodat eventuele procesaanpassingen snel en op korte termijn konden worden doorgevoerd.

Als gevolg van deze verdere ontwikkeling(en) werden twee identieke vastbedreactoren van roestvrij staal gerealiseerd (zie afbeelding 2). Deze reactoren werden aan het begin van de tests gevuld met keramische Hiflow vulstoffen. De micro-organismen die uiteindelijk CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub> tot CH<sub>4</sub> omzetten, vestigen zich op deze vulstoffen. Door stoichiometrische en thermodynamische beginselen worden één molecuul kooldioxide en vier moleculen waterstof omgezet in twee moleculen water en maximaal één molecuul methaan, zie formule 1.

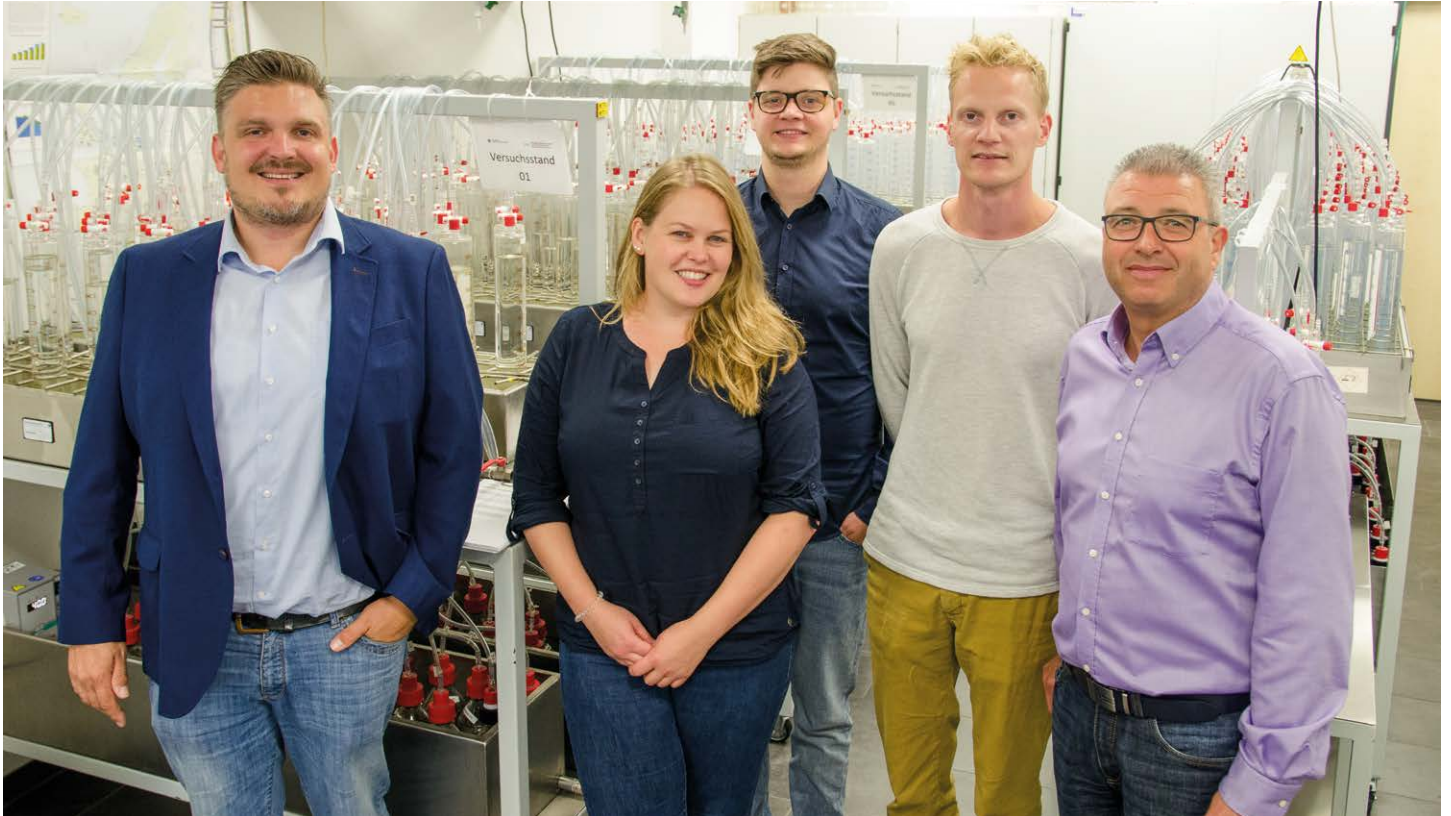
*Formule 1: Reactievergelijking voor de methanisering van CO<sub>2</sub>.  
Dit geldt voor zowel biologische als chemisch-catalytische processen*



### Werking van de testinstallatie

De waterstof en het biogas (50 vol.% kooldioxide, 50 vol.% methaan) werden continu in de reactor aangevoerd via twee beluchters die zich op de bodem bevinden. De samenstelling van de feed werd aangepast via doorstroomregelaars, rekening houdend met de reactieverhouding van 1:4 CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>. Nadat het gas door de reactoren stroomde, voerde het over een schuimvanger naar de gasmeter, die werd gebruikt om de volumestroom te bepalen. Voor een regelmatige bepaling van de gassamenstelling werd het productgas tijdelijk opgeslagen in een gasopslagzak. Ten slotte werd het methaan-, waterstof- en kooldioxidegehalte bepaald met behulp van een gasanalysator. De druk in de reactorkaskade wordt bepaald door twee drukmanometers en via een regelventiel geregeld. Om veiligheidsredenen zijn beide reactoren voorzien van overdrukventielen.

Aan het begin van de testreeks werden gescheiden vergistingresiduen van twee biogasinstallaties en rioolslib gemengd als startkweek van de micro-organismen. Dit mengsel werd in het begin gedurende 1 uur thermisch voorbehandeld bij 80 °C en uiteindelijk in de reactoren gevoerd. De voorbehandeling



Afbeelding 1: De projectpartners van links naar rechts: Dr.-Ing. Elmar Brüggling (FH Münster), Marion Schomaker (FH Münster), Tobias Weide (FH Münster), Gijs Olde Loohuis (HoSt BV), Carsten Lammers (WESSLING GmbH)

remt het ongewenste biogasproces langdurig af, waardoor de concurrentie voor de archaea afneemt. Op basis van deze mengcultuur zullen alleen die micro-organismen die de anaerobe omstandigheden en de koolstofdioxide als koolstofbron aankunnen, de overhand krijgen en lange tijd overleven. Dit zijn archaea, omdat ze in staat zijn om methaan te vormen uit koolstofdioxide. Aan de hand van de omzettingsgraad en het methaangehalte van het met de reactorkaskade geproduceerde productgas kunnen conclusies worden getrokken over de productiviteit van de micro-organismen.

### Noodzaak van sporenelementen en voedingsstoffen

In het begin van het project werden de behoefte aan sporenelementen en voedingsstoffen van de micro-organismen in de reactoren van de biologische methanisering geanalyseerd. Hiervoor werden door WESSLING GmbH monsters van de reactorinhoud geanalyseerd op de opgeloste sporenelementen en voedingsstoffen die nog beschikbaar zijn voor de micro-organismen. Op basis van de resultaten werd een recept voor de toevoeging van sporenelementen en voedingsstoffen opgesteld, dat een hoeveelheid stikstof, calcium, fosfor, zwavel, magnesium, ijzer, zink, mangaan, koper, molybdeen, selenium en kobalt bevatte, aangepast aan het verbruik. In verdere experimenten werd aangetoond dat de toevoeging van het mengsel essentieel was om het percentage methaanvorming te verhogen en te behouden.

De publicatie van dit „recept“ en de gedetailleerde aanpak van de reeks experimenten heeft plaatsgevonden in de volgende conferentiebijdrage:

Wetter, C., Brüggling, E., Gruttmann, M., *Biogene methanisering van waterstof en koolstofdioxide*, KTBL-artikel 512 „Biogas in de landbouw - status en perspectieven“ ISBN 978-3-945088-52-4; FNR/KTBL-congres, Bayreuth, september 2017.

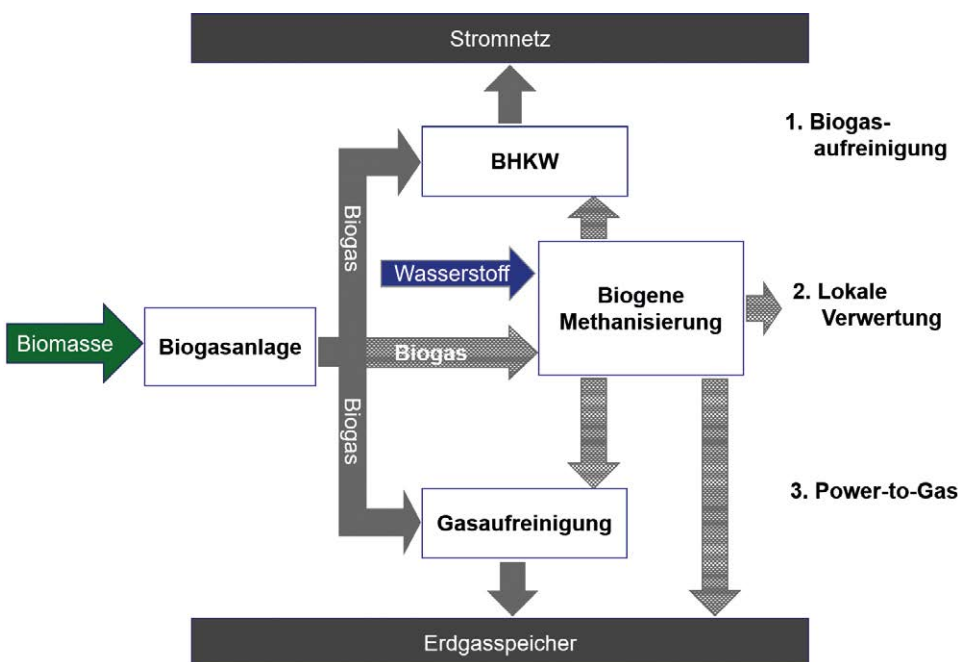


Afbeelding 2: Geoptimaliseerde methanisering-installatie in het technisch centrum van de FH Münster





Afbeelding 3: De feed wordt geregeld via de doorstroomregelaars



Afbeelding 4: Schema van de mogelijke toepassingen

### Testreeks voor de productie van een biogasmengsel in aardgaskwaliteit

Na bepaling van de behoefte aan sporenelementen en voedingsstoffen van de micro-organismen is met het reactorsysteem de maximaal haalbare zuiverheid van het productgas bepaald. Hiertoe werd de gastoevoer eerst tot een minimum beperkt en vervolgens verhoogd. Het doel was om een methaangehalte van meer dan 90 vol.-% te bereiken. De resultaten toonden aan dat, ondanks het verbeterde reactorontwerp, de verblijftijd van de waterstof in het systeem niet voldoende was voor een volledige omzetting. Daarom werden de twee parallel geschakelde reactoren omgebouwd tot een reactor-kaskade, waardoor de af te leggen weg en dus ook de verblijftijd van de waterstof werd verdubbeld. Na de ingebruikname van de reactor-kaskade zijn de conversiepercentages aanzienlijk verbeterd, zodat een methaangehalte van meer dan 90 Vol.-% van het volume werd bereikt. .

Zodra de vereiste productkwaliteit voor de toevoer naar het aardgasnet was bereikt, was het volgende doel het verhogen van het rendement van de reactor. Hiervoor zijn enkele

procesaanpassingen gemaakt, zie afbeelding 3. De doorslaggevende parameter voor de beoordeling van de efficiëntie van het proces is de zogenaamde methanaseringsgraad. Deze parameter is ook bepalend voor een schaalvergroting van het proces. Om het rendement van de reactor te verhogen, werd de systeemdruk eerst stapsgewijs verhoogd tot 2,5 bar.

Met de resultaten van de testreeks van de reactor-kaskade bij atmosferische druk en 52 °C bedrijfstemperatuur werd een methaanvormingssnelheid van  $0,3 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{reactor}}$  en een methaangehalte van meer dan 90 vol.-% bereikt. Dit methaangehalte van het productgas kon ook worden gereproduceerd in tests met een overdruk van 2,0 en 2,5 bar. De drukverhoging leidde tot een toename van de methaanvormingssnelheid tot  $0,5 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{reactor}}$  per dag.

De resultaten van deze testreeksen zijn gepubliceerd in het volgende conferentieverlag: Schomaker, M., Weide, T., Wetter, C., Brüggling, E., *Biogene methanisering van waterstof en koolstofdioxide*, „Biogas in de landbouw - status en perspectieven“ ISBN 978-3-945088-68-5; FNR/KTBL-congres, Leipzig, september 2019.

## Procesintegratie en analyse van de economische efficiëntie

Bij het bepalen van mogelijke toepassingen voor biologische methanisering heeft het Duits-Nederlandse projectconsortium bijzondere aandacht besteed aan de concentratie van het methaangehalte in het biogas. In een duurzaam scenario wordt de waterstof die nodig is voor de methanisering ook biologisch geproduceerd (zie werkproject: groensnede) of decentraal door elektrolyse uit water en regeneratieve overtollige elektriciteit. Bij de afweging van de mogelijke toepassingen van methanisering voor de concentratie van biogas zijn verschillende mogelijkheden denkbaar ( afbeelding 4):

1. De zuivering van biogas en ten slotte het gebruik ervan in WKKs voor de opwekking van elektriciteit. Hier wordt een economisch voordeel gecreëerd door de efficiëntere werking van de WKK.
2. De zuivering van biogas en ten slotte de toevoer van biomethaan naar het aardgasnet ter vervanging van aardgas.

In de loop van het project is specifiek een scenario overwogen waarin het gebruik van groene waterstof voor methanering is gepland, waarbij met name HoSt BV haar expertise heeft bijgedragen aan de economische overwegingen van het scenario. Biogas, dat ongeveer 50% methaan bevat, wordt hier duurzaam en regeneratief geconcentreerd door een stroomafwaartse methaniseringsinstallatie. Indien de biogasinstallatie al een gaszuiveringsinstallatie heeft, bijvoorbeeld een membraaninstallatie, kan de methanisering stroomopwaarts modulair worden aangesloten. Op deze manier kunnen gaszuiveringskosten en energie worden bespaard en kan toch waardevol biomethaan worden geproduceerd dat aan het net kan worden toegevoerd.

Op basis van de opgedane kennis is het project: Model- en netstabiliserende energiesystemen op het platteland - EnerRegio (FKZ: 0801824, Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling) aangevraagd om het concept verder te ontwikkelen, dat op 1 januari 2020 van start gaat. In dit project zal het methaniseringsconcept worden opgeschaald en getest op pilotschaal. Het doel is om de technologie in het kader van de sectorkoppeling te onderzoeken en te evalueren.



Marion Schomaker M.Sc., auteur, FH Münster

Biogas wordt biomethaan - dat was het doel van dit deelproject. Voor dit doel werd biomethaan (met een methaangehalte van meer dan 90% qua volume) met succes geproduceerd met behulp van de CO<sub>2</sub> die in het biogas zit en met behulp van waterstof en micro-organismen. Biologische methanisering is daarom een zeer goede mogelijkheid om biogas op te waarderen of op te waarderen tot aardgaskwaliteit. Het proces vermindert actief de CO<sub>2</sub>-uitstoot door het gebruik van groene waterstof, bijvoorbeeld uit biologische waterstofproductie of door elektrolyse uit hernieuwbare bronnen, en het regeneratief geproduceerde biogas.

### Groene Kaskade Contactgegevens



**Projektmanager: Dr. Meis van der Heide**  
M.vander.Heide@provinciegroningen.nl



Website: [www.gr-kaskade.eu](http://www.gr-kaskade.eu)



De nieuwsbrief redactie: [info@gr-kaskade.eu](mailto:info@gr-kaskade.eu)



Twitter: @Groene\_Kaskade

### 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.

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



provincie  
groningen

provincie Drenthe

provincie fryslân  
provincie fryslân

provincie Overijssel