

Groen Gas:

een overzicht van
innovatieve technieken en leveranciers

april 2013

Ron van Dorp
Specialist Techniek

T +31 6 33 74 84 44

E ron.van.dorp@groengas.nl

W www.groengas.nl

T [@groengas](https://twitter.com/groengas)

De volgende personen hebben een bijdrage geleverd aan dit document:

Geert Brill	Groen Gas Nederland
Paulo van Cuijck	Groen Gas Nederland
Ron van Dorp	Groen Gas Nederland
Johan Holstein	DNV KEMA
René Laks	Groen Gas Mobiel
Marco Linders	TNO
Ruud Paap	Energy Valley / Groen Gas Nederland
Jos Reijnders	Agentschap NL / Groen Gas Nederland
Auke Jan Veenstra	LTO Noord / Groen Gas Nederland
Bouke van der Velde	Gasunie / Groen Gas Nederland
Ton Voncken	Groen Gas Nederland
Johan Voshaar	Groen Gas Nederland

Disclaimer bij lijsten leveranciers

Groen Gas Nederland streeft naar een volledig overzicht. Het overzicht wordt dan ook regelmatig geactualiseerd. Hoort uw bedrijf ook in deze lijst thuis? Neem dan [contact](#) met ons op.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	3
Vorbewerking van biomassa	7
Omzetting van biomassa tot biogas	9
Nabewerking digestaat.....	13
Rechtstreekse verbranding van biogas en warmte kracht koppeling	15
Opwerking biogas.....	16
Kwaliteitsbewaking: meet- en regelapparatuur.....	20
Invoeding groen gas op het gasnet	21
Compressie tot bio-CNG.....	22
Vervloeiing tot bio-LNG	23
Turn-key vergisters.....	24
Overzicht Duitse leveranciers.....	25

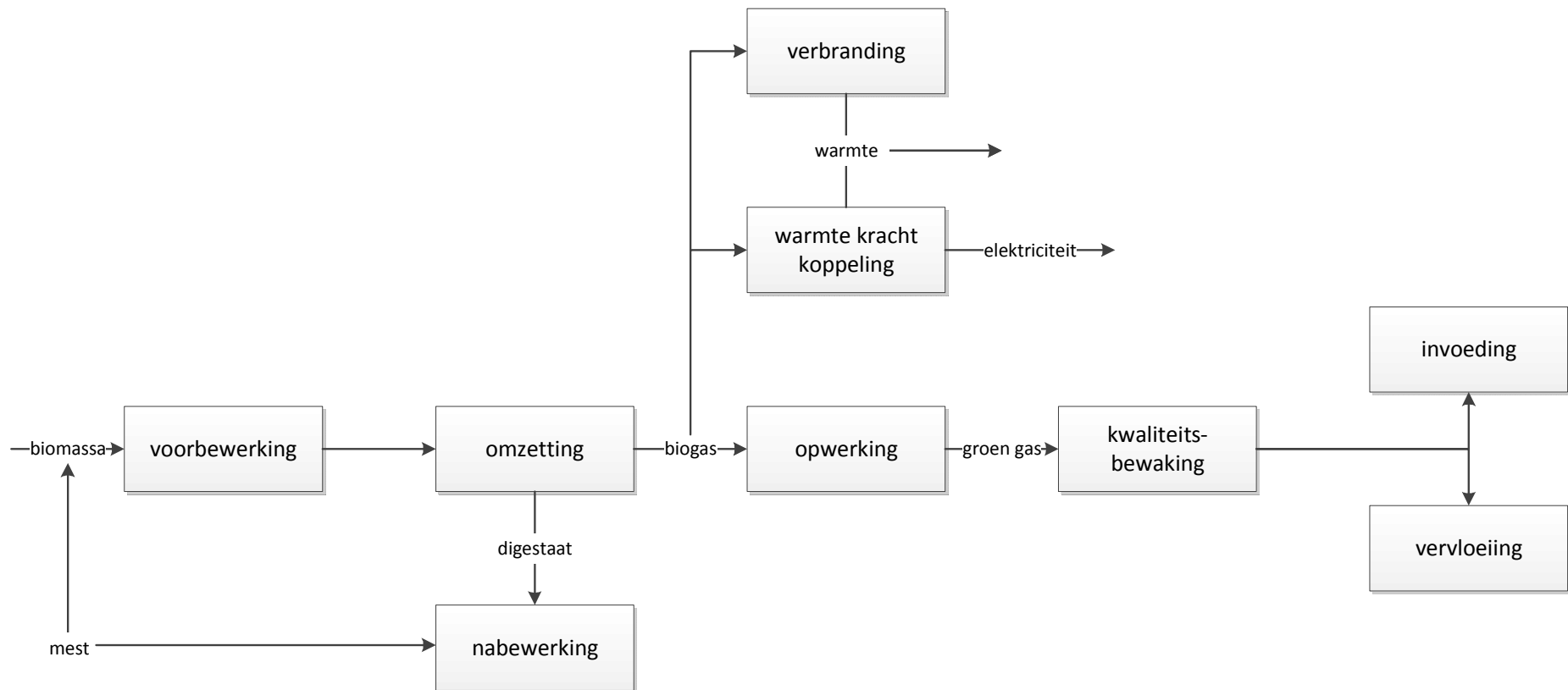
Inleiding

De productie en afzet van biogas zijn grotendeels technologische processen. Dit document geeft een overzicht van de betrokken processtappen. Bij elke processtap wordt een uitleg gegeven van de beschikbare en innovatieve technologieën. Elke technologie wordt van een lijst van leveranciers voorzien.

Technologisch gezien is vergisting en vergassing in twee secties te verdelen, waarbij het verkrijgen van ruw gas de grens vormt. De dikgedrukte termen komen overeen met het overzicht in Figuur 1.

- Verkrijgen van biogas (pagina 7)
 - [Voorbewerking](#) van biomassa
 - [Omzetting](#) van biomassa tot biogas
 - [Nabewerking](#) van digestaat
- Voorbereiden en toepassen van het biogas (pagina 15)
 - Rechtstreekse [verbranding](#) van biogas
 - [Warmte kracht koppeling](#) (WKK) voor productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit
 - [Opwerking](#) van biogas door verwijdering van ongewenste componenten
 - [Kwaliteitsbewaking](#) van opgewaarderd gas voor hoogwaardigere toepassingen
 - [Invoeding](#) op het aardgasnet en eventuele [compressie tot bio-CNG](#)
 - [Vervloeiing](#) tot bio-LNG.

De hoofdstappen voor het verkrijgen van biogas zijn altijd noodzakelijk. Nadat ruw gas is verkregen zijn de benodigde processtappen afhankelijk van de beoogde toepassing.



Figuur 1: Technologische processtappen bij vergisting en vergassing

De volgende technieken worden behandeld in dit document:

- [Voorbewerking van biomassa](#)
 - Biochemisch / enzymatisch
 - Liquefactie
 - Mechanisch / thermomechanisch
 - Extruderen
 - Verhakselen / malen
 - Voorscheiding
 - Thermochemisch
 - Thermische druk hydrolyse
 - Extractie van mineralen en waardevolle substanties
- [Omzetting van biomassa tot biogas](#)
 - Het vergistingsproces
 - Start-up
 - Bepalen biomethaan potentieel
 - Enzymen
 - Monovergisting
 - Hoge druk vergisting
 - Droogvergisting
 - Vergassing
 - Superkritische vergassing
- [Nabewerking digestaat](#)
 - Hygiëniseren
 - Scheiding en droging
- [Rechtstreekse verbranding van biogas en warmte kracht koppeling](#)
 - Benutting restwarmte
 - Vervoer van warmte
- [Opwerking biogas](#)
 - Biogas opwaarderen
 - Gasdroging
 - Ontzwaveling
 - CO₂ verwijdering
 - Absorptie / chemisorptie
 - Adsorptie
 - Cryogeen
 - Membraanscheiding
- [Kwaliteitsbewaking: meet- en regelapparatuur](#)
- [Invoeding groen gas op het gasnet](#)
 - Leidingwerk
 - Compressor en aansluiting op het net
- [Compressie tot bio-CNG](#)
- [Vervloeiing gas tot bio-LNG](#)

Daarnaast is er een hoofdstuk gewijd aan kant-en-klare, complete systemen:

- [Turn-key vergisters](#)

Ook is aandacht besteed aan leveranciers van buiten onze grenzen

- [Duitse leveranciers](#)
 - Systeemleveranciers
 - Leveranciers van componenten en substraten
 - Operators, planners en adviseurs

Vorbewerking van biomassa

Vorbewerking is bedoeld om de biomassa beter toegankelijk te maken voor vergisting. Hierdoor wordt de opbrengst verhoogd en de vergistingstijd verkort, waardoor een kleinere vergister mogelijk is. Vorbewerking maakt goedkopere, beter beschikbare laagwaardige biomassa eveneens beter toegankelijk voor vergisting.

Verscheidene instellingen doen onderzoek naar hogere biogasopbrengst uit biomassa.

Biogas Centrum Groningen (<http://www.biogascentrumgroningen.nl>) biedt onderzoeksfaciliteiten zoals grote proefinstallaties. Het effect van vorberewerkingstechnieken op de verhoging van de gasopbrengst kan zo vooraf worden getest.

De Wageningen Universiteit heeft het Application Centre for Renewable Resources (ACRRES, <http://www.acrres.nl>) opgezet. Hier onderzoek gedaan naar biomassa, co-vergisting en kringlopen.

Liquefactie met enzymen

Enzymen als biologische behandeling van biomassa kunnen een vloeibaar tussenproduct geven. Dit tussenproduct heeft een hogere biogasopbrengst, verlaagt de belading van de vergister, verbetert de biogasproductie bij hoge belading van de vergister en is beter verpompaar. Een trilzeef verwijdert de nog vaste deeltjes van de vloeistof.

Leveranciers:

- Dong energy REnescience (<http://www.dongenergy.com/renescience>)

Extruderen

Extrusie is een (thermo-)mechanische techniek waarbij biomassa afwisselend onder druk / spanning wordt gezet en vervolgens weer wordt ontspand. Hierdoor breekt biomassa op celniveau kapot en wordt toegankelijker voor vergisting. Bijkomend voordeel van extrusie is dat biomassa homogener (gelijkmatiger) wordt. Grotere stukken biomassa hebben een langere vergistingstijd nodig dan kleinere stukken, waardoor een gelijkmatigere deeltjesgrootteverdeling beter voor het proces is. Lehmann meldt 14 % hogere opbrengst voor maïs en 26 % hogere opbrengst voor gras, waarbij de installatie minder vergistingstijd nodig heeft.

Leveranciers:

- Bioliquid (<http://bioliquid.nl>)
- Lehmann Maschinenbau (<http://www.lehmann-maschinenbau.de>)

Verhakselen / malen

Verhakselen en malen zijn mechanische technieken. Verkleinen van biomassa met een hakselaar of hamermolen kan de toegankelijkheid van de biomassa voor bacteriën vergroten. Deze systemen zijn in werking het eenvoudigst, maar kunnen problemen krijgen met verstoppingen. 15 tot 22 % meer methaanproductie is gemeld met dit soort systeem.

Leveranciers:

- Börger (<http://www.boerger.de>)
- PlanET (<http://www.planet-biogas.nl>)
- Vogelsang GmbH (<http://www.vogelsang.info>) Quickmix en Biocut

Voorscheiding van mest of slib

Mest kan vooraf in een dunne en dikke fractie mechanisch gescheiden worden. De dikke fractie die ontstaat heeft een hoger organische stofgehalte en bovendien een hoger fosfaatgehalte. Door de grotere hoeveelheid organische stof per hoeveelheid biomassa in de vergister neemt de biogasproductie toe. Voor de voorscheiding kunnen verscheidene perssystemen (kamerfilterpers, vijzel- of schroefpers, zeefbandpers) en fasescheidingsystemen (decanter) worden gebruikt.

Thermische druk hydrolyse

Thermische druk hydrolyse is een thermochemisch proces dat biomassa kapot breekt door toevoeging van stoom. Dit kan met zeer waterige stromen, maar ook met droge biomassa. Thermische hydrolyse is geschikt voor (rioolwaterzuiverings-)slib en vezelige biomassa zoals stro en gras. Door deze voorbehandelingsstap wordt de vergistingstijd gehalveerd en de opbrengst verhoogd met meer dan 30 %.

Leveranciers:

- Bureau (<http://www.bureau.nl>)
- Cambi (<http://www.cambi.no>)
- Sustec (<http://www.sustec.nl>)

Extractie van mineralen en waardevolle substanties

In het kader van de biobased economy kunnen delen van biomassa soms op andere manieren verwaard worden. Ook bieden deze alternatieven mogelijkheden om kringlopen te sluiten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de terugwinning van eiwitten uit gras of mineralen uit mest. Vooraf of achteraf scheiden van mineralen ligt aan het type biomassa.

Op dit moment wordt nog veel onderzoek gedaan naar verwaarding van mineralen en waardevolle substanties, vaak in totaalconcepten waar dit slechts een onderdeel van uitmaakt. De AgriMoDEM van Lely en Green Energy Technologies (<http://www.lely.com>).

Lopende projecten:

- Eiwit:
 - HarvestaGG B.V. (<http://www.harvestagg.nl>)
- Kunstmestvervanger, mineralenconcentraat of struviet
 - Byosis (<http://byosis.com>) ByoFlex
 - Dutch Biorefinery Cluster (<http://www.dutchbiorefinerycluster.nl>) BioNPK
 - Fermtech Systems (<http://www.fermtechsystems.com>)
 - Lely en Green Energy Technologies (<http://www.lely.com>) AgriMoDEM

Omzetting van biomassa tot biogas

Het vergistingsproces

In een vergister wordt organisch materiaal met behulp van micro-organismen afgebroken tot methaan en koolstofdioxide. Dit proces vindt plaats onder zuurstofloze omstandigheden. Er zijn grofweg drie groepen micro-organismen aan het werk in een vergistingsinstallatie: één groep breekt organisch materiaal af, een tweede groep verwerkt de tussenproducten die ontstaan, terwijl een derde groep de uiteindelijke gasvorming verzorgt.

De productie van biogas kan worden herleid tot vier deelprocessen:

1. Verkleinen en mengen

Een vergistingsinstallatie wordt gevoed met (bijvoorbeeld) mest en snijmaïs (of ander organisch materiaal). De mest is vloeibaar en de maïs is in kleine stukjes gehakt. Het mengsel van mest en maïs wordt continu geroerd. Hierdoor kunnen de enzymen van de micro-organismen overal goed bij om de stukken plant af te breken. Het plantmateriaal valt door het werk van de enzymen uiteen in water, zetmeel, suikers, vetten, eiwitten en vezels. Dit proces heet *hydrolyse*. De verdere afbraak van zetmeel, suikers en eiwitten levert de micro-organismen de energie en de bouwstenen om te groeien.

2. Vorming van lagere vetzuren

Met de gevormde tussenproducten (zetmeel, suikers, vetten en eiwitten) gaan zuurvormende micro-organismen aan de slag. De tussenproducten worden door deze minuscule organismen omgezet in zuren – dit proces heet *acidogenese*. In de vergister ontstaan door de omzettingen azijn-, propion- en boterzuren, de zogenaamde lagere vetzuren. In kleinere hoeveelheden wordt ook melkzuur en alcohol gevormd. Vezels worden in het hele vergistingsproces niet of nauwelijks afgebroken.

3. Afbraak van de lagere vetzuren

De lagere vetzuren worden door de azijnzuurvormende micro-organismen afgebroken tot azijnzuur, waterstofgas en koolstofdioxide. Dit proces wordt *acetogenese* genoemd. De gevormde stoffen zijn de ideale voeding voor de methaanvormende micro-organismen.

4. Productie van biogas

De methaanvormende micro-organismen zetten azijnzuur, waterstofgas en koolstofdioxide om in een gasmengsel van methaan en koolstofdioxide. Dit proces wordt *methanogenese* genoemd. Het doel van het vergistingsproces, de productie van biogas, is met deze laatste omzetting een feit.

Bij de omzettingen in de vergister zijn verschillende soorten micro-organismen betrokken. Om een vergistingsinstallatie optimaal te laten renderen is kennis van deze organismen vereist.

Zo is het essentieel om te weten dat een te grote hoeveelheid zuur remmend werkt op de azijnzuurvormende en de methaanvormende micro-organismen. Een overdaad aan waterstof dwarsboomt de omzettingen van de azijnzuurvormende micro-organismen. Evenwicht is de sleutel tot een optimaal vergistingsproces.

Bepalen van het biomethaan potentieel

Er bestaan tests om het biomethaan potentieel van biomassa te bepalen. De beproefde methode is om in een gecontroleerde omgeving een monster van de biomassa te vergisten over een periode van ongeveer dertig dagen. Omdat deze methode duur en tijdsintensief is worden alternatieven ontwikkeld.

Near Infrared Spectroscopy (NIR) wordt al gebruikt in de veeteelt voor bepaling van het vet- en eiwitgehalte in diervoeders. Bij deze techniek wordt de absorptie van verschillende frequenties licht gemeten. De absorptie is afhankelijk van de moleculaire opbouw van de biomassa. Infrarode frequenties van licht dicht bij het zichtbare spectrum kunnen relatief diep tot in de biomassa dringen, waardoor deze geschikt zijn voor een snelle test van bulk materiaal met weinig of geen benodigde voorbereiding. Een nieuwe ontwikkeling in NIR is de snelle schatting van het biomethaan potentieel van een type biomassa.

De TU Delft doet onderzoek naar elektromagnetische impuls (EMI) om inzicht te krijgen in het mengresultaat van vergisters tijdens bedrijfsvoering.

Leveranciers (diensten):

- Biomassa Centrum Groningen (<http://www.biogascentrumgroningen.nl>)
- HoSt (<http://www.host.nl>)
- Ondalys (<http://www.ondalys.fr>)

Start-up

Bij het opstarten van een installatie is belangrijk de microbiologie goed op orde te hebben. Enten van micro-organismen uit een goed draaiende vergister met vergelijkbare biomassa biedt daarbij uitkomst. Dit versnelt het opstartproces, verhoogt de productie in een vroeg stadium en verkleint de kans op tijdverlies in de opstartfase. Contact met de beheerder van een andere vergister kan dus veel voordeel opleveren.

Enzymen

Enzymen uit schimmels werken als een biologische katalysator. Enzymen helpen met het afbraakproces, waardoor er meer biogas ontstaat en er minder verblijftijd benodigd is. De viscositeit (stroperigheid) van het materiaal wordt verminderd waardoor het beter verpompbaar wordt. Belading van de vergister en de digestaat opslag kan hierdoor worden verhoogd. Het digestaat is eenvoudiger te homogeniseren en het risico op een drijfslag wordt aanzienlijk ingeperkt. Hierdoor wordt het mogelijk gemaakt om moeilijk afbreekbare componenten zoals (hemi-)cellulose en lignine af te breken, waardoor meer celmateriaal wordt ontsloten.

Leveranciers:

- DSM (<http://www.dsmbiogas.com>) MethaPlus
- Greenmove Technologies (<http://www.greenmovetech.com>) Greenstep
- HoSt (<http://www.host.nl>) BioAktiva

Monovergisting

In Nederland zijn al veel co-vergistingsinstallaties gebouwd, waarbij mest wordt vergist met een co-product. Door onder andere de toenemende prijzen van co-producten is steeds meer behoefte gekomen aan monovergistingsinstallaties van mest. Het biomethaan potentieel van mest is relatief laag omdat het vee de meeste voedingsstoffen al verwerkt heeft. Bij monovergisting is echter de grootste reductie in broeigaskasemissies te behalen, vooral door het voorkomen van uitstoot van methaan uit mestopslag en -vervoer.

Leveranciers:

- Bebra (<http://www.bebra-biogas.com>)
- HoSt (<http://www.host.nl>)
- agriKomp (<http://www.biogastechnik.de>)
- Nijhuis Water Technology (<http://www.nijhuis-water.com>)
- PAS Mestopslagen B.V. (<http://www.pastanks.nl>)
- Serigas (<http://www.serigas.itis.nl>)
- Biogas Equity 2 (<http://www.biogas2.com>)
- Wiefferink (<http://www.wiefferink.nl>)

Droogvergisting

Droogvergisting is geschikt voor bepaalde soorten drogere biomassa, zoals stapelbare biomassa uit land- en tuinbouw en diverse soorten gras. Onderscheidend ten opzichte van de veel meer toegepaste natte vergisting is dat er veel minder geroerd kan worden.

Bacteriën begeven zich – net als bij natte vergisting – in een vloeibare fase. De toevoeging van water aan moeilijk vergistbare biomassa brengt zogenaamde hydrolyse-reacties teweeg, waarbij moleculen in de biomassa kapot breken in kleinere, gemakkelijker te vergisten moleculen. Deze worden door het water meegevoerd en afgevangen. Deze stof, die percolaat wordt genoemd, kan dan vervolgens worden vergist terwijl het overblijfsel van het biomassa wordt gecomposteerd. De hoeveelheid afvalstoffen die overblijven is sterk beperkt ten opzichte van natte vergisting.

Leveranciers:

- Solum (<http://solum.ag>)

Hoge druk vergisting

In hoge druk vergistingsprocessen wordt de druk (20 – 50 bar) door het vergistingsproces zelf in stand gehouden. Deze druk kan vervolgens worden gebruikt voor het opwerken van het biogas tot groen gas en voor de aandrijving van de installatie. De techniek is toepasbaar voor afvalwater, zuiveringslib, reststromen van de landbouw en voedingsmiddelenindustrie.

Leveranciers:

- Bureau (<http://www.bureau.nl>)

Vergassing

Bij vergassing wordt droge biomassa bij hoge temperatuur (800 °C) en onder zuurstofarme omstandigheden omgezet in synthese gas. Dit synthese gas kan worden gereinigd en opgewerkt naar groen gas.

Het omzettingsrendement van biomassa / mengstromen naar groen gas is 70 % en bij de gasopwerking wordt het CO₂ afgevangen. Het CO₂-rendement van de gehele keten komt daarmee uit op 170 % (100 % door biomassa, 70 % van de CO₂ wordt vastgelegd).

Vergassing is met name geschikt voor droge vezelrijke biomassa en mengstromen. Zonder import is het potentieel in Nederland beperkt tot een paar procent van het binnenlands aardgasverbruik.

ECN, HVC en TAQA hebben een gezamenlijke 12 MW pilot gepland die in 2016 operationeel moet zijn.

Leveranciers:

- Dahlman / ECN (<http://www.dahlman.nl> / <http://www.ecn.nl>)
- HoSt (<http://www.host.nl>)
- RGV Holding B.V. (<http://www.rgv.nl>)
- Synvalor (<http://www.synvalor.com>)

Superkritische vergassing

Bij superkritische vergassing wordt zeer natte biomassa (drijfmest, RWZI-slib) onder superkritische condities (in water boven 300 bar en 400 °C) ontleedt in methaan, mineralen en verscheidene restproducten. Het omzettingsrendement van biomassa naar methaan is met 70 % erg hoog.

Het potentieel voor Nederland is hoog. Als alle 71 Mton natte mest wordt omgezet kan hiermee 3 – 4 % van het inlands aardgasverbruik worden opgewekt.

Leveranciers:

- Gensos (<http://www.gensos.nl>)
- Sparqle (<http://www.sparqle.com>)

Nabewerking digestaat

Nabewerking van het digestaat kan verschillende doelen dienen. Wanneer er sprake is van een plaatsingsoverschot van mest of digestaat zal een deel verplicht moeten worden verwerkt. Het percentage dat verwerkt moet worden is afhankelijk per regio en zal voor alle regio's oplopen in de komende jaren. Er zijn op dit moment twee manieren om aan de mestverwerkingsplicht te voldoen: exporteren naar het buitenland voorafgegaan door een verplichte hygiëniserings stap of scheiding van het digestaat.

Daarnaast loopt veel onderzoek naar mogelijkheden om meer met mest te kunnen doen. Mest en digestaat kunnen worden verwerkt met de volgende processen:

- (Mest-)scheiding
 - Verdere opwerking van de dunne fractie:
Ultrafiltratie en Omgekeerde Osmose (UF & RO)
 - Indamping van de dunne fractie
- Composteren
- Drogen en korrelen
- Hygiëniseren
- Mengen met andere soorten mest of toeslagstoffen
- Beluchten
- Mono- en co-vergisting
- Verbranding

De volgende technieken zijn nog in ontwikkeling:

- Vergassing (pyrolyse)
- Natte oxidatie
- Strippen van ammoniak met zwavelzuur
- Scheiding van mineralen zoals stikstof en fosfaat

Voor meer informatie, bezoek de pagina over mestverwerken van Wageningen University Research: <http://www.mestverwerken.wur.nl>

Hygiëniserings

Voor afzet van digestaat buiten de Nederlandse grens is hygiëniserings vereist, minimaal 1 uur op 70 °C. Duitsland is de grootste afnemer van digestaat uit Nederland. In sommige gevallen is hygiëniserings bij de voorbehandeling gewenst.

Scheiding en droging

Veel scheidingstechnieken zijn zowel geschikt voor de voorscheiding van natte substraten (zoals mest en slib) als voor scheiding achteraf van het digestaat. De mate van opwerking verschilt per installatie. Bij scheiding ontstaat een dunne en een dikke fractie. De dikke fractie kan na droging worden gebruikt als ligboxenvulling voor melkvee, opnieuw worden vergist of dient als organische fosfaatrijke meststof voor de akkerbouw. De dunne fractie kan rechtstreeks als drijfmest worden aangewend of wordt verder opgewerkt. Een deel van de dunne fractie kan worden teruggewonnen

als mineralenconcentraat. Verder is het mogelijk om tot ca. 50 % van het digestaat terug te winnen als water zuiverder dan drinkwaterkwaliteit met behulp van een reeks voorbereidingsstappen gevolgd door ultrafiltratie en omgekeerde osmose. Dit water mag vrij worden geloosd en levert daarmee een oplossing voor verwerking van mestoverschotten.

Binnen de scheidingssystemen zijn perssystemen het eenvoudigst en goedkoopst. Decaners zijn duurder maar efficiëntere systemen. De meest hoogwaardige opwerkingsystemen bestaan vaak uit (een aantal van) de volgende systemen: indamping, beluchting, droging, ultrafiltratie en omgekeerde osmose.

Door droging kan het afzetvolume van digestaat aanzienlijk worden teruggebracht. Voor droging kan gebruik worden gemaakt van restwarmte, bijvoorbeeld afkomstig uit een bio-WKK installatie.

Leveranciers:

- AD Technologie (<http://www.adtechnologie.nl>)
- Andritz (<http://www.andritz.com>)
- Artritor (<http://www.atritor.com>)
- Bauer (<http://www.bauermestscheider.nl>)
- Biogasplus (<http://www.biogasplus.nl>)
- Bioliquid (<http://bioliquid.nl>)
- Boerger GmbH (<http://www.boerger.de>)
- BSS Systems (<http://www.bss-systems.nl>)
- Dorset (<http://www.dorset.nu>)
- Evodos (<http://www.evodos.eu>)
- GEA Royal de Boer (<http://www.gea-farmtechnologies.com>)
- Kumac (<http://www.kumac.nl>)
- Lehmann Maschinenbau (<http://www.lehmann-maschinenbau.de>)
- MT Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- Sepcom (<http://www.sepcom.nl>)
- SIM Holland (<http://www.simholland.nl>)
- Smicon (<http://www.smicon.nl>)
- Van Vloot B.V. (<http://www.vanvlootbv.nl>)
- Vidare (<http://www.vidare-group.com>)
- VP Systems (<http://www.vp-systems.nl>)
- Willems Groep (<http://www.willemsgroep.nl>)

Rechtstreekse verbranding van biogas en warmte kracht koppeling

Biogas wordt vaak gebruikt om de biogasmotor van een Warmte kracht koppeling (WKK) aan te drijven. WKK systemen kunnen elektriciteit en warmte winnen uit biogas. Hiervoor moet het biogas vaak wel van enkele schadelijke stoffen worden ontdaan. Waterstofsulfide (H_2S) is corrosief en ook siloxanen kunnen voor versnelde slijtage van een WKK zorgen. Het methaangehalte hoeft niet te worden verhoogd. De hoogwaardige warmte wordt gebruikt voor de stroomopwekking, daarna blijft laagwaardige restwarmte over.

Een bio-WKK heeft een elektrisch rendement van 40 à 45 procent. De rest van de energie die vrijkomt is warmte. Een agrariër kan een gedeelte van de vrijgekomen warmte inzetten voor het op temperatuur houden van de vergister, een stal en/of het eigen woonhuis. Ook kan de warmte worden geleverd aan een mest- of digestaatdroger. In de meeste gevallen wordt de opgewekte elektriciteit rechtstreeks geleverd aan het landelijke stroomnet. De WKK installatie kan op eigen terrein staan, maar kan ook verderop gelegen zijn (satelliet-WKK). Transport van biogas per biogasleiding heeft doorgaans lagere investeringskosten en minder energieverliezen dan transport van warmte. Met een satelliet-WKK kan een woonwijk in de directe omgeving, een zwembad, een ziekenhuis of glastuinbouw in de directe omgeving van de bio-WKK van elektriciteit en warmte worden voorzien.

Benutting restwarmte

Organic Rankine Cyclus (ORC) systemen kunnen in het rookgaskanaal worden geplaatst voor een hoger elektrisch rendement. Het rendement van zulke systemen is doorgaans iets meer dan 20 % van de restwarmte, wat de totale efficiëntie van een WKK installatie met wel 10 % kan doen toenemen.

Leveranciers:

- Dordtech (<http://www.dordtech.nl>)
- E-rational (<http://www.e-rational.net>)
- EECT Turbomachinery (<http://www.eect-turbomachinery.com>)
- Green Turbine (<http://www.greenturbine.eu>)
- Triogen (<http://www.triogen.nl>)
- Turboden (<http://www.turboden.eu>)

Vervoer van warmte

Poreuze zeolietmoleculen kunnen energie opslaan door water uit warme lucht te binden aan het grote contactoppervlak van zeoliet. Dit kan in vrachtwagens over veel langere afstanden worden vervoerd. Een aantal categorieën vergisters, zoals bijvoorbeeld mono- en co-vergisters van mest, staan meestal in landelijk gebied en zijn daarom ver gelegen van bronnen die veel warmte vragen. Dit soort installaties zijn daarbij vaak van lagere capaciteit, waardoor opwaardering tot groen gas met invoeding op het gasnet meestal niet rendabel is. Vervoer over langere afstand van biogas of warmte kan echter ook te hoge investeringskosten vragen.

Leveranciers:

- Fraunhofer IGB / ZeoSys (<http://www.igb.fraunhofer.de>)

Opwerking biogas

Biogas opwaarderen

Biogas kan rechtstreeks worden ingezet voor de productie van warmte en elektriciteit. Biogas, dat voor 50 – 60 % bestaat uit methaan en verder is opgebouwd uit CO₂-moleculen, kan niet worden gebruikt voor veel aardgastoeepassingen, vanwege een te laag methaangehalte. Biogas moet voor ongeveer 88 % uit methaan bestaan voor het ingevoerd mag worden op het aardgasnet. Voor rijden op groen gas is ook een hoger methaangehalte vereist en gewenst.

Om biogas voor meer toepassingen te kunnen gebruiken moet het worden opgewaardeerd. Hiervoor zijn meerdere technieken beschikbaar:

- Absorptie / chemisorptie
- Adsorptie
- Cryogene destillatie
- Membraanfiltratie

Bij deze opwaarderings technieken wordt CO₂ uit biogas verwijderd, waardoor het methaangehalte in het gas toeneemt. Wanneer biogas na opwaardering voor 88 % uit methaan bestaat heet het groen gas. Opgewaardeerd biogas met een methaangehalte boven de 95 % wordt biomethaan genoemd.

Gasdroging

Bij uitstroom uit de vergister wordt biogas verzadigd met waterdamp. Dit water kan condens in pijpleidingen en tevens corrosie veroorzaken. Water kan worden verwijderd door:

- Absorptie
- Adsorptie
- Compressie
- Koeling

Door het verhogen van de druk of het verlagen van de temperatuur, condenseert water uit het biogas en kan daardoor worden verwijderd. Water kan worden verwijderd door adsorptie met behulp van bijvoorbeeld silicagel, actief kool of moleculaire zeven. Deze materialen worden meestal geregenereerd door bijvoorbeeld verwarming of een daling van de druk.

Leveranciers:

- Donaldson (<http://www.donaldson.com>)

Ontzwaveling

Biomassa en co-substraten zoals mest bevatten zwavelverbindingen. Des te hoger dit gehalte in de biomassa, des te hoger is het zwavelgehalte in biogas, vooral in de vorm van waterstofsulfide. De verwijdering van waterstofsulfide kan geschieden op diverse manieren:

- Absorptie (fysisch / alkalisch)
- Chemisorptie (absorptie gecombineerd met chemische binding in ijzerverbindingen)

- Adsorptie
- Zuurstoftoevoeging (vergister)
- Micro-biologische oxidatie

Leveranciers:

- Cirmac (<http://www.cirmac.com>)
- Dirkse Milieutechniek (<http://www.dirkse-milieutechniek.com>)
- Imtech (<http://www.imtech.nl/greengastechnology>)
- Paques (<http://nl.paques.nl>)
- TNO (<http://www.tno.nl>)

Adsorptie op actieve kool is een eenvoudige techniek die veel worden toegepast bij lage zwavelconcentraties en lage gasdebieten. Tevens kan door toevoeging van zuurstof (in de aanwezigheid van water) zwavel worden verwijderd. Vanwege strenge eisen aan het zuurstofgehalte in groengas is deze techniek niet wenselijk. De meest geschikte techniek zal sterk afhangen van de gassamenstelling.

CO₂ verwijdering

Naast drogen en ontzwellen is de verwijdering van CO₂ een belangrijke zuiveringsstap. De hoeveelheid CO₂ die verwijderd moet worden hangt af van de samenstelling van het biogas en de beoogde toepassing. De verschillende beschikbare technieken voor CO₂ verwijdering zullen nu worden toegelicht.

Absorptie / chemisorptie

Bij absorptie of gaswassing wordt de CO₂ in biogas opgelost in een vloeistof, zoals bijvoorbeeld water. CO₂ en methaan scheiden, omdat CO₂ beter oplost dan methaan.

Om de absorptie te versnellen en de capaciteit te vergroten, wordt CO₂ vaak na oplossing chemisch gebonden aan de vloeistof. Dit heet chemisorptie en wordt meestal met een amineverbinding zoals mono-ethanolamine (MEA) gedaan. Chemisorptie is dus de combinatie van absorptie en een chemische reactie.

Bij absorptie vindt het scheidingsproces plaats in een kolom bij een temperatuur van 30 à 40 °C . De vloeistof die (bijna) verzadigd is met CO₂ uit het biogas wordt vervolgens vervoerd naar een tweede kolom, waar men de vloeistof verhit tot 70 - 110 °C. Het CO₂ dat in de vloeistof zat opgelost wordt vrijgegeven. De nu weer CO₂-arme vloeistof kan vervolgens weer worden afgekoeld om te worden hergebruikt.

Nederlandse leveranciers van de gaswassingstechnologie zijn:

- Carbotech-verfahren (<http://www.carbotech.info>)
- Cirmac (<http://www.cirmac.com>)
- Dirkse Milieutechniek (<http://www.dirkse-milieutechniek.com>)
- Flotech Sweden AB (<http://www.flotech.com>)
- Gasrec (<http://www.gasrec.co.uk>)

- Greenlane Biogas (<http://www.greenlanebiogas.com>)
- Haase Energietechnik (<http://www.haase.de>)
- Imtech (<http://www.imtech.nl/greengastechnology>)
- Läckeby Water Group AB (<http://www.lackebywater.se>)
- Malmberg Water (<http://www.malmberg.se>)
- MT-Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- TNO (<http://www.tno.nl>)
- Xebec (<http://www.xebecinc.com>)

Adsorptie

Bij adsorptie wordt net als bij absorptie gebruik gemaakt van de bindingseigenschappen van CO₂. Bij adsorptie bindt de CO₂ zich echter niet aan een vloeistof, maar aan een vaste stof. Voor het opwaarderen van biogas wordt gebruik gemaakt van *Vacuum Pressure Swing Adsorption* (VPSA). De vaste stof die wordt gebruikt is meestal actieve kool. Scheiding vindt plaats omdat CO₂ zich beter aan de kool bindt dan methaan.

VPSA is een techniek waarbij de druk over een kolom met actieve kool kan worden omgeschakeld. Bij hoge druk zijn gassen geneigd zich te binden aan de actieve kool. CO₂ bindt zich gemakkelijker dan methaan aan de kool en verdwijnt door deze eigenschap uit het gas.

Na een tijd is de actieve kool verzadigd en kan er geen CO₂ meer worden opgenomen. De CO₂ moet dan weer uit de actieve kool worden verwijderd, voordat deze opnieuw kan worden gebruikt. Dit proces heet regeneratie en levert de beste resultaten bij lage druk. Meestal worden bij adsorptie twee of drie identieke kolommen parallel gebruikt. Hierdoor kan, terwijl één van de kolommen wordt geprepareerd voor gebruik, het opwaardeerproces doorgaan.

Leveranciers van VPSA zijn:

- Acrona-Systems (<http://www.acrona-systems.com>)
- Carbotech-verfahren (<http://www.carbotech.info>)
- Cirmac (<http://www.cirmac.com>)
- MT-Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- Questair (<http://www.questairinc.com>)

Cryogene destillatie

Bij cryogene destillatie worden stoffen gescheiden door gebruik te maken van de verschillende vluchtigheid van stoffen. De vluchtigheid van een stof is hoe gemakkelijk deze verdampt. Methaan en CO₂ – de hoofdbestanddelen van biogas – zijn geen vloeistoffen bij kamertemperatuur. Methaan wordt vloeibaar bij -162 °C, CO₂ wordt vloeibaar bij -57 °C en vastvormig bij -78 °C. Om methaan en CO₂ te kunnen scheiden moeten de gassen daarom sterk worden afgekoeld. Cryogene processen vinden (ruim) onder 0 °C plaats.

Bij destillatie worden meestal twee vloeistoffen gescheiden. In de praktijk wordt CO₂ echter meestal vastgevroren aan de wand van een warmtewisselaar, omdat het smeltpunt van CO₂ relatief dicht bij het kookpunt ligt. Er is dus niet veel meer energie nodig om CO₂ te bevriezen. In een regeneratiestap

wordt de CO₂ opgewarmd en weer vloeibaar gemaakt. De vloeibare CO₂ die het proces oplevert is een nuttig bijproduct.

Leveranciers van de cryogene destillatietechnologie zijn:

- GtS (<http://www.gastreatmentservices.com>)
- Osomo (<http://www.osomo.nl>)
- Prometheus (<http://www.prometheus-energy.com>)
- Re-N (<http://www.re-n.dk>)
- Stirling Cryogenics (<http://www.stirlingcryogenics.com>)

Membraanfiltratie

Bij membraanfiltratie worden stoffen gescheiden op deeltjesgrootte of op affiniteit met / oplosbaarheid in het membraanmateriaal. Bij biogasopwaardering met behulp van een membraan kunnen methaan en CO₂ gescheiden worden op deeltjesgrootte. Dergelijke membranen die voor biogasopwaardering worden gebruikt zijn in principe niets anders dan zeven met heel kleine gaatjes, klein genoeg om bepaalde moleculen door te laten en andere niet.

Het biogas wordt onder hoge druk door het membraan gevoerd. Moleculen die worden tegengehouden door een membraan – het zogenaamde retentaat – zijn methaan, stikstof, een gedeelte van het waterstofsulfide en zuurstof. CO₂, ammoniak, eventueel resterend water en het grootste gedeelte van het waterstofsulfide gaan door het membraan – het zogenaamde permeaat – en worden op deze manier afgevangen.

Bij de meeste membranen zal ook een deel van het methaan in het permeaat terecht komen omdat de deeltjesgrootte van methaan en CO₂ niet zo veel verschilt. Het verlies van methaan is echter klein.

Nederlandse leveranciers van membraanfiltratie technologie zijn:

- Air Liquide (<http://www.airliquide.com>)
- Bioliquid (<http://bioliquid.nl>)
- Cirmac (<http://www.cirmac.com>)
- Cryonorm (<http://www.cryonorm.nl>)
- Dirkse Milieutechniek (<http://www.dirkse-milieutechniek.com>)
- Gasrec (<http://www.gasrec.co.uk>)
- MT Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- Pentair Haffmans (<http://www.haffmans.nl>)
- Terracastus (<http://www.terracastus.com>)
- Van der Wiel Stortgas (<http://www.vanderwiel.nl>)

Kwaliteitsbewaking: meet- en regelapparatuur

Meting van de kwantiteit (hoeveelheid) en kwaliteit (samenstelling) van het gas is belangrijk voor:

- processturing van de vergister
- afrekening van het gas op kwaliteit (energiewaarde)
- veiligheid
- voorkoming van corrosie aan apparatuur verderop in de keten
- opwaarderen tot groen gas en invoeden op het gasnet:
 - processturing van de opwaardeerapparatuur
 - controle op het voldoen aan invoedeisen
- bio-WKK:
 - voorkoming aantasting motoren door zwavelverbindingen, ammoniak en siloxanen
 - bepaling rendement motor (en eventuele defecten)

Leveranciers:

- ABB (<http://www.abb.com>)
- Adsensys (<http://www.adsensys.nl>)
- Dräger (<http://www.draeger.com>)
- Elster (<http://www.elster.nl>)
- Gavilar (<http://www.gavilar.nl>)
- Kiwa (<http://www.kiwatechnology.com>)
- Pentair Haffmans (<http://www.haffmans.nl>)
- ProCeas (<http://www.tracegasanalysis.com>)
- Sewerin (<http://www.sewerin.com>)
- Siemens (<http://www.siemens.com/entry>)
- Varian (<http://www.varian.com>)

Invoeding groen gas op het gasnet

In Nederland is 98 % van het vastgoed aangesloten op het aardgasnet. Met deze hoge dekking is Nederland internationaal koploper. Ook groen gas kan zonder problemen voor de eindgebruiker worden ingevoed op dit uitgebreide netwerk van leidingen. Voordat groen gas mag worden ingevoed moet het aan een aantal eisen voldoen. Wanneer groen gas eenmaal door het net stroomt, kan het voor dezelfde doeleinden als aardgas gebruikt worden.

Bij invoeding van groen gas in het aardgasnetwerk moet rekening gehouden worden met de volgende aspecten:

- Gas infrastructuur: afstand tot het netwerk, heersende capaciteit en druk
- Kwaliteitseisen voor invoeding

Capaciteit van het gasnetwerk is belangrijk: de belasting van het netwerk is sterk seizoensgebonden. Daardoor kan mogelijk niet het gehele jaar aan de benodigde invoed capaciteit worden voldaan. Voorwaarden voor invoeding zijn verschillend voor het regionale net (Cogas Infra & Beheer B.V., Delta netwerkbedrijf, Endinet, Enexis, Liander, Rendo, Stedin, Westland Infra en Zebra gasnetwerk) en de hogere druk leidingen van Gas Transport Services.

Omdat gaskwaliteitsmetingen tijd kosten, is altijd een minimum lengte gasleiding nodig vóór het invoedpunt om tijdig te kunnen ingrijpen bij storingen.

Leidingwerk

Aanleg van het leidingwerk kan door vrijwel elke aannemer worden verzorgd. Het leidingmateriaal is betrekkelijk standaard en kan door de meeste lokale aannemers wel gelegd worden.

Voor de engineering van het benodigde leidingwerk, beheer, onderhoud, vergunningen, hulp bij calamiteiten en waarborging van veilige ligging is echter meer expertise nodig. Voorbeelden van grote ingenieursbureaus die deze diensten leveren staan hieronder vermeld.

Leveranciers:

- Oranjewoud (<http://www.oranjewoud.nl>)
- Royal Haskoning (<http://www.royalhaskoning.com>)
- Tebodin (<http://www.tebodin.com>)
- Visser & Smit Hanab (<http://www.vshanab.nl>)

Compressoren en aansluiting op het net

De [leverancier van de opwaardeerinstallatie](#) levert in de regel ook de benodigde compressoren voor invoeding.

De netbeheerder levert het kale T-stuk en maximaal 25 meter leiding. Dit wordt het overdrachtpunt. Verder leidingwerk kan in afspraak wel door de netbeheerder worden gelegd, maar valt onder het vrije domein. Voordeel is wel dat netbeheerders ruime ervaring hebben met aanleg, beheer en onderhoud van leidingwerk.

Compressie tot bio-CNG

Bio-CNG is groen gas dat onder druk is gebracht, tot ca. 200 bar. Bio-CNG kan in verschillende kwaliteiten worden aangeboden, waarbij onderscheid gemaakt wordt naar methaangehalte. Hoe hoger het methaangehalte, hoe groter de actieradius van een auto bij eenzelfde hoeveelheid (kg of m³) bio-CNG. Bio-CNG met een methaangehalte van 82 % is CNG 82, bij een methaangehalte van 97 % is CNG 97. De algemene term CNG wordt gebruikt als het methaangehalte niet direct relevant is.

Rijden op groen gas is al lang geen toekomstmuziek meer. Automobilisten kunnen sinds 1 januari 2010 groen gas tanken aan de pomp. In Leeuwarden opende toen het eerste vulpunt voor groen gas. Inmiddels zijn er al meer dan honderd vulpunten in een landelijk dekkend netwerk

Groen gas is een hernieuwbaar alternatief voor fossiele brandstoffen en heeft minder uitstoot van schadelijke stoffen. Bestaande CNG voertuigen kunnen zonder aanpassingen overstappen op groen gas.

In Nederland wordt (bio-)CNG uit het lokale gasnet onttrokken, gecomprimeerd en opgeslagen. Dit betekent dat (bio-)CNG de in Nederlandse gaskwaliteit heeft.

Voertuigen die nu op CNG rijden, kunnen zonder problemen overstappen op groengas. Het verbruik en de actieradius is bij aardgas en groengas hetzelfde, en ook de prijs aan de pomp is ongeveer gelijk.

Leveranciers:

- Ballast Nedam IPM (<http://www.bnipm.nl>)
- Bohlen & Doyen (<http://www.bohlen-doyen.com>)
- Clean Miles (<http://www.cleanmiles.eu>)
- CNG Net (<http://www.cngnet.nl>)
- Fuwell (<http://www.fuwell.nl>)
- Geveke (<http://www.geveke-werktuigbouw.nl>)
- Mokobouw (<http://www.mokobouw.nl>)
- OrangeGas (<http://www.orangeegas.nl>)
- Teesing (<http://www.teesing.nl>)

Vervloeiing tot bio-LNG

Biogas kan worden opgewaardeerd en vervloeid. Het verkregen bio-LNG heeft een hoger methaangehalte dan aardgas in het landelijke net.

Groen gas wordt eerst opgewerkt tot een methaangehalte van > 97%, vervolgens wordt het gekoeld tot circa 162 graden Celsius. Het voordeel van LNG ten opzichte van CNG is de veel grotere energiedichtheid, waardoor een grotere actieradius mogelijk is.

Bio-LNG is een hoogwaardige toepassing van het methaan uit biogas. Het product moet aan relatief strenge productspecificaties voldoen, omdat veel stoffen kunnen bevriezen bij de heersende cryogene temperatuur. Goede gasdroging is vereist.

Bij bio-LNG treedt een boil-off effect op, waardoor een deel van de bio-LNG weer gasvorming wordt. Om die reden is bio-LNG vooral bestemd voor zwaar transport zoals grotere vrachtwagens en schepen. Bio-LNG heeft een koelinstallatie en een compressor nodig om op temperatuur en druk te worden gebracht. Om die reden worden gecombineerde systemen geleverd voor opwaardering, koeling en compressie.

Leveranciers:

- Air Liquide (<http://www.airliquide.com>)
- Ballast Nedam IPM (<http://www.bnipm.nl>)
- Gastreatment Services B.V. (<http://www.gtsbv.com>)
- HoSt (<http://www.host.nl>)
- Linde (<http://www.linde-gas.nl>)
- LNG24 (<http://www.lng24.com>)
- Osomo (<http://www.osomo.nl>)
- Stirling Cryogenics (<http://www.stirlingcryogenics.com>)

Turn-key vergisters

Op de markt worden steeds meer turn-key vergistingsinstallaties aangeboden. Kant-en-klare systemen verschillen enorm onderling. Deze verschillen zijn afhankelijk van leverancier, toepassing en capaciteit. Deze complete systemen kunnen één of meerdere van de volgende voordelen hebben:

- Lagere kostprijs
- Één aanspreekpunt:
 - Één leverancier voor levering van alle onderdelen van de vergistingsinstallatie
 - Sommige leveranciers bieden ook onderhoud aan
- Betere integratie van systemen, waaronder:
 - Benutting van warmte in het proces
 - Terugwinning van grondstoffen zoals eiwitten of mineralen
- Geschikt voor laagwaardige (goedkope) biomassa, zoals natuurgras, bermgras of GFT
- Compactere systemen
- Hogere biogasopbrengst

Leveranciers:

- Bioconstruct (<http://www.bioconstruct.de>)
- Biogas Plus (<http://www.biogasplus.nl>) Compact Plus
 - Uiteenlopende vaste en vloeibare substraten
- Byosis Group (<http://www.byosis.com>) ByoLogic, ByoSense, ByoBasic, ZeaFuels
 - (Co-)vergisting van mest (incl. kippenmest), natuurgras, bermgras, GFT, granen en koolhydraatrijke reststromen.
- EnviTec Biogas (<http://www.envitec-biogas.com>)
- GET Technologies (<http://www.get-technologies.com>) AgriMoDEM
 - Monovergisting van mest met mineraal terugwinning.
- Haase Energietechnik (<http://www.haase.de>)
- MT Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- PROCES Groningen (<http://www.proces.nl>)
 - Vergisting van kippenmest
- Re-N (<http://www.re-n.dk>) Zitta-systems
 - (Co-)vergisting van mest en biomassa, ook deelsystemen en opwaardering tot groen gas.

Overzicht Duitse leveranciers

Stysteemleveranciers

- AAT Biogas Technology (<http://www.aat-biogas.at>)
- AD Agro (<http://www.ad-agro.de>)
- Agraferm Technologies (<http://www.agraferm.com>)
- agriKomp (<http://www.biogastechnik.de>)
- AVS Blockheizkraftwerke (<http://avs-bhkW.de>)
- Axpo Kompogas (<http://www.axpo-kompogas.ch>)
- B.T.S. Biogas (<http://www.bts-biogas.com>)
- BioConstruct (<http://www.bioconstruct.de>)
- Biogas Nord (<http://www.biogas.de>)
- Biogas-Ost (<http://www.biogas-ost.de>)
- Biogas Weser-ems (<http://www.biogas-weser-ems.de>)
- Biogasprojecte D&K GmbH (<http://www.biogask.de>)
- BTA International GmbH (<http://www.bta-international.de>)
- ConSensis (<http://www.consentis.de>)
- Dreyer & Bosse Kraftwerke (<http://www.dreyer-bosse.de>)
- Eissenmann (<http://www.eissenmann.com>)
- EnviTec Biogas (<http://www.envitec-biogas.com>)
- Gicon Bioenergie GmbH (<http://www.gicon-engineering.com>)
- Huesker (<http://www.huesker.com>)
- Juwi (<http://www.juwi.de>)
- Lambda (<http://www.lambda.de>)
- Lipp System (<http://www.lipp-system.de>)
- Mainsite Technologies (<http://www.mainsite-technologies.com>)
- MFB Biogas (<http://www.mfb-biogas.com>)
- MT Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- MWM (<http://www.mwm.net>)
- North-Tec Biogas (<http://www.north-tec.de>)
- NQ Anlagentechnik (<http://www.nq-anlagentechnik.de>)
- Ökobit (<http://www.oekobit-biogas.com>)
- Parker (<http://www.parker.com>)
- Pro2 (<http://www.pro2.com>)
- R.E.U.S. Energy GmbH (<http://www.reus-energy.com>)
- Schwarting Biosystem (<http://www.schwarting-biosystem.de>)
- Seiler GmbH (<http://www.seiler-gmbh.com>)
- UNION Instruments (<http://www.union-instruments.com>)
- UTS (<http://www.uts-biogas.com>)
- Viessmann (<http://www.viessmann.com>)
- Weltec Biopower (<http://www.weltec-biopower.com>)
- Xylem Inc. (<http://www.xylem.com>)

Leveranciers van componenten en substraten

- 2G Cogeneration (<http://www.2-g.de>)
- AAT Biogas Technology (<http://www.aat-biogas.at>)
- Agrogen (<http://www.agrogen.net>)
- Agrotel GmbH (<http://www.agrotel.eu>)
- AL-KO (<http://www.al-ko.de>)
- Armatec FTS (<http://www.armatec-fts.de>)
- Aprovis GmbH (<http://www.aprovis-gmbh.de>)
- Awite (<http://www.awite.com>)
- Axpo Kompogas (<http://www.axpo-kompogas.ch>)
- Baur Folien GmbH (<http://www.baur-folien.de>)
- Bayferrox (<http://bayferrox.com>)
- Biogas Weser-ems (<http://www.biogas-weser-ems.de>)
- Biogasprojecte D&K GmbH (<http://www.biogaskontor.de>)
- Biogaskontor Köberle GmbH (<http://www.biogaskontor.de>)
- BTA International GmbH (<http://www.bta-international.de>)
- Budissa BAG (<http://www.budissa-bag.de>)
- CLAAS Gruppe (<http://www.claas-group.com>)
- ConSensis (<http://www.consentis.de>)
- dbds (<http://www.dbds-gmbh.de>)
- Eisele (<http://www.eisele.de>)
- Enwa (<http://www.enwa.com>)
- Elster (<http://www.elster.com>)
- Evonik Fibres (<http://www.sepuran.com>)
- FF-Maschinenbau (<http://www.ff-pumpen.de>)
- GE Energy Management (<http://site.ge-energy.com>)
- Gicon Bioenergie GmbH (<http://www.gicon-engineering.com>)
- Green Energy Max Zintl GmbH (<http://www.green-energy-zintl.de>)
- Green Protection GmbH (<http://www.green-protection.eu>)
- Grundfos Arnold AG (<http://www.arnold-ag.ch>)
- Haase Energietechnik (<http://www.haase.de>)
- Honeywell GmbH (<http://www.fema.biz>)
- Huber Technology (<http://www.huber.de>)
- Huesker (<http://www.huesker.com>)
- Lehmann Maschinenbau GmbH (<http://www.lehmann-maschinenbau.de>)
- KSB (<http://www.ksb.com>)
- MAN (<http://www.man-engines.com>)
- Maschinenringe S-H Energie Pool GmbH & Co. KG (<http://www.mep-sh.de>)
- Mehrer (<http://www.mehrer.de>)
- MFB Biogas (<http://www.mfb-biogas.com>)
- MT Energie (<http://www.mt-energie.com>)
- MTA (<http://www.mta-it.com>)

- MWM (<http://www.mwm.net>)
- North-Tec Biogas (<http://www.north-tec.de>)
- NQ Anlagentechnik (<http://www.nq-anlagentechnik.de>)
- Ökobit (<http://www.oekobit-biogas.com>)
- Parker (<http://www.parker.com>)
- R.E.U.S. Energy GmbH (<http://www.reus-energy.com>)
- Schwarting Biosystem (<http://www.schwarting-biosystem.de>)
- Seiler GmbH (<http://www.seiler-gmbh.com>)
- UTS (<http://www.uts-biogas.com>)
- Viessmann (<http://www.viessmann.com>)
- Xylem Inc. (<http://www.xyleminc.com>)

Operators, planners en adviseurs

- AAT Biogas Technology (<http://www.aat-biogas.at>)
- Agri Capital (<http://www.agri-capital.de>)
- Axpo Kompogas (<http://www.axpo-kompogas.ch>)
- BioConstruct (<http://www.bioconstruct.de>)
- Biogas Nord (<http://www.biogas.de>)
- Biogas-Ost (<http://www.biogas-ost.de>)
- Biogas Weser-ems (<http://www.biogas-weser-ems.de>)
- Biogasprojecte D&K GmbH (<http://www.biogasdk.de>)
- Biogaskontor Köberle GmbH (<http://www.biogaskontor.de>)
- ConSensis (<http://www.consentis.de>)
- BDC Dorsch Gruppe (<http://www.bdc-dorsch.de>)
- Eissenmann (<http://www.eissenmann.com>)
- Gicon Bioenergie GmbH (<http://www.gicon-engineering.com>)
- Ibes Ingenieurbüro Dr. Eisenhardt GmbH & Co. KG (<http://www.dr-eisenhardt.de>)
- Juwi (<http://www.juwi.de>)
- Lipp System (<http://www.lipp-system.de>)
- Lufa Nord-West (<http://www.lufa-nord-west.de>)
- MEP Maschinenringe S-H Energie Pool GmbH & Co. KG (<http://www.mep-sh.de>)
- North-Tec Biogas (<http://www.north-tec.de>)
- NQ Anlagentechnik (<http://www.nq-anlagentechnik.de>)
- Ökobit (<http://www.oekobit-biogas.com>)
- R.E.U.S. Energy GmbH (<http://www.reus-energy.com>)
- Reng Gruppe (<http://www.renggruppe.de>)
- RES Projects (<http://www.res-projects.de>)
- Schwarting Biosystem (<http://www.schwarting-biosystem.de>)
- Seiler GmbH (<http://www.seiler-gmbh.com>)
- Viessmann (<http://www.viessmann.com>)
- Xylem Inc. (<http://www.xyleminc.com>)