

BEHANDLING AV RESTGAS FRÅN BIOGASUPPGRADERING – TEKNISK ÖVERSIKT

FRAMSTÄLLD AV



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



www.thvt.at

WIENS TEKNISKA HÖGSKOLA (ÖSTERRIKE),
Institutionen för Kemisk teknologi
Forskningsavdelningen Värmeprocessteknik och simulering



ENERGIEPARK BRUCK AN DER LEITHA (ÖSTERRIKE)

SOM EN DELLEVERANS I:



Promotion of bio-methane and its market development through local and regional
partnerships

Ett projekt i programmet Intelligent Energy – Europe

Avtal: IEE/10/130

Deliverable: Task 3.1.1

Färdigställt: maj 2012

Innehåll

1. Inledning	3
2. Beskrivning av tillgänglig teknik för behandling av restgas	3
2.1. Gasmotorer	3
2.2. Mikrogasturbiner	4
2.3. Brännare för restgas	5
2.4. Katalytisk oxidation.....	5
2.5. Regenerativ termisk oxidation (RTO).....	6
3. Källor	7

1. Inledning

Restgasen från uppgradering av biogas innehåller en viss kvarvarande mängd metan. Hur stor den är beror på uppgraderingstekniken och metanutbytet. Metanhalt i restgasen beror på uppgraderingsanläggningens metanslip (metanläckage). Kemisk absorption ger lägst metanslip, följt av fysikalisk absorption med vatten (1–2 volym%) eller organiskt lösningsmedel (2–4 volym%), membranteknik (beroende på anläggningens utformning 0,5–5 volym%) och PSA (beroende på tillverkare och systemets utformning 1–10 volym%).

Eftersom metan är en stark växthusgas, som kan bidra mer än koldioxid till den globala uppvärmningen, är det viktigt att hålla metanutsläppen så låga som möjligt vid tillverkning av biometan för att hela kedjan ska vara hållbar. I flertalet europeiska länder regleras metanutsläppen från biogasanläggningar i lag. Högre metanhalt i restgasen leder oftast till högre specifika kostnader för biogasuppgraderingen, vilket kan försämra ekonomin för processen. Läget är mer komplicerat än så, eftersom man vid användning av de flesta tekniker behöver hitta en kompromissnivå för högre metanutbyte och därmed lägre metanhalt i restgasen. I många fall är det mest ekonomiskt att acceptera en viss metanhalt och behandla restgasen för att avlägsna det mesta av dess metan. Uppgraderingsanläggningen behöver integreras med biogasanläggningen på ett genomtänkt sätt, liksom det behövs ett övergripande koncept för hela produktionsanläggningen för biometan. Idag är det bara ett fåtal tekniker för behandling av biogas med mycket specifikt utformade system som har så högt metanutbyte att restgasens metanhalt är så låg att den enligt lagen får släppas ut direkt till atmosfären.

Det vanligaste sättet att avlägsna metan från restgasen är oxidation (förbränning) där värme frigörs. Värmen kan användas direkt som processvärme på biogasanläggningen (som ofta har krav på att kunna drivas utan tillskott av annan värme) eller levereras till fjärrvärmenätet. Om ingetdera är möjligt måste värmen kylas bort och släppas ut till omgivningen. Ett annat sätt att ta hand om restgasen är att blanda med rå biogas och förbränna den i gasmotor för kraftvärmeproduktion eller i en mikrogasturbin. Det kräver noggrann dimensionering och utformning av systemet eftersom restgasen från en modern biogasuppgraderingsanläggning sällan innehåller tillräckligt mycket metan för att få en stabil förbränning och man därför ofta behöver tillsätta rå biogas eller naturgas.

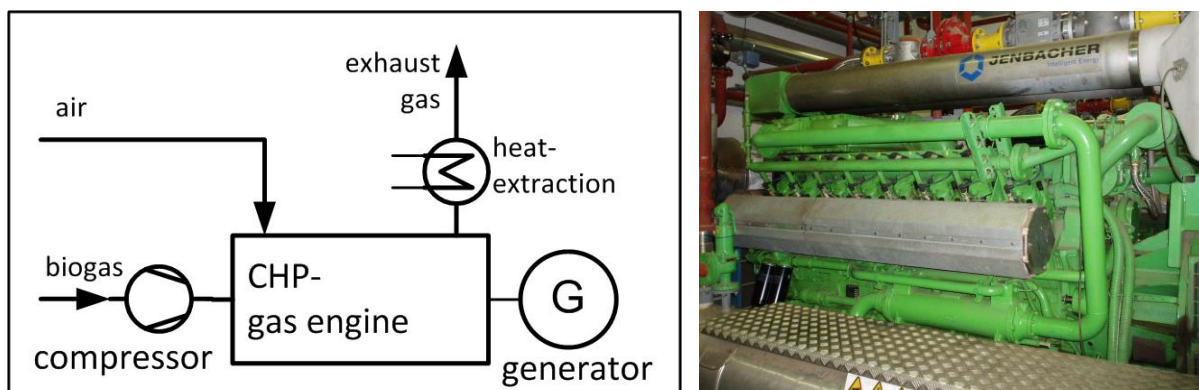
Restgas med metanhalt lägre än 4 volymprocent är svårare att behandla eftersom den inte innehåller tillräckligt mycket energi för att hålla igång oxidationen (till följd av strålningsförluster i systemet) och man måste tillsätta biogas eller biometan för att stabilisera förbränningen. Därför har man utvecklat metoder med katalys eller avancerad cyklisk värmelagring för att slippa tillsätta gas med högre energiinnehåll, och ändå kunna hålla igång förbränningen trots låg metanhalt utan att tillföra värme.

2. Beskrivning av tillgänglig teknik för behandling av restgas

2.1. Gasmotorer

Förbränning av metanrik gas i förbränningsmotorer är det vanligaste sättet att utnyttja energin i biogas. Verkningsgraden för el blir mellan 35 och 40 % och genom att dessutom utnyttja värmen i rökgasen kan den totala verkningsgraden öka till 82–88 %. Gasens antändningsegenskaper som avgör hur användbar den är i en gasmotor beror till stor del på metanhalt. Med lägre metanhalt i

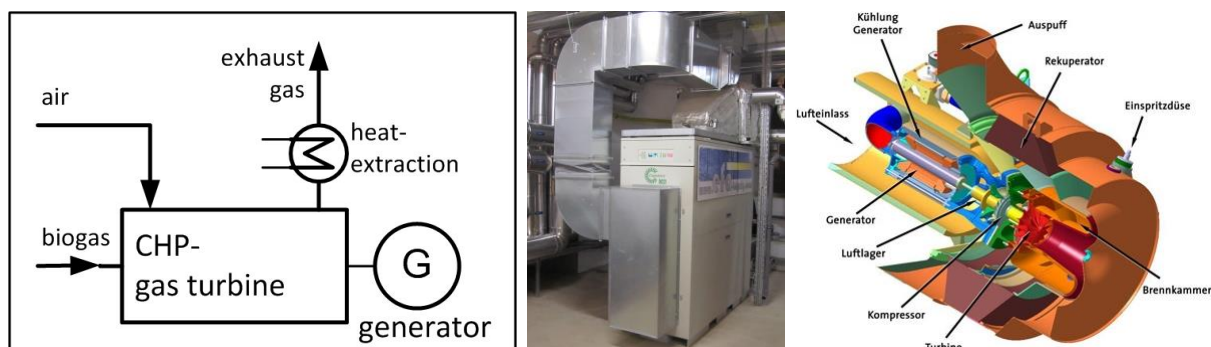
restgasen ökar halten av koldioxid som har en fördröjande verkan på metanföbränningen. Vid ideala förhållanden är den absolut lägsta metanhalt som kan förbrännas stabilt i en gasmotor cirka 21 volym%, enligt vetenskapliga artiklar. I samma artiklar påpekar man dock att minst 30 volym% och ännu hellre 35 volym% metanhalt behövs i verkliga förbränningsmotorer p.g.a. att blandningen inte är ideal, den intensiva turbulensen i förbränningskammaren och kraven på understökiometrisk förbränning. Den permanent höga svavelvätehalten i biogasen är en utmaning för gasmotorns drift (beroende på tillverkare cirka 500 ppm H₂S). Förbränningen ger svavelsyra i den våta avgasen, och den absorberas av oljefilmen på lagrens ytor vilket gör att motoroljan snabbt blir gammal.



Figur 1: Flödesschema för gasmotor med kombinerad el- och värmeproduktion. Till höger gasmotorn vid biogasanläggningen Bruck/Leitha, Österrike (källa: Wiens tekniska högskola, Biogas Bruck GmbH)

2.2. Mikrogasturbiner

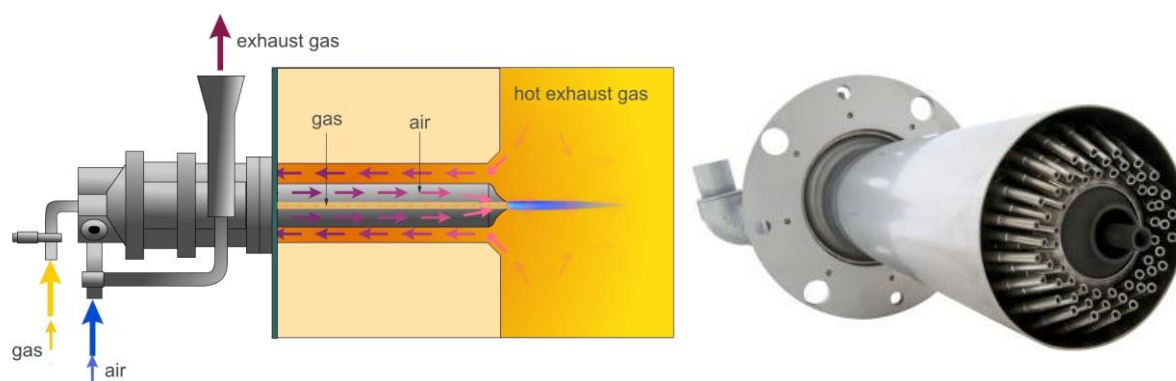
Mikrogasturbiner kännetecknas av sin enkla teknik och effektspannet 30–4 000 kW el som passar bra för biogasanläggningar. Eftersom temperaturen in i turbinen är låg (cirka 800 °C) kan man undvika kylta turbinblad. Verkningsgraden ökar med rekuperativ förvärmning av den komprimerade luften innan den leds in i förbränningskammaren med rökgasen. Rökgasen kyls därigenom från 600 °C till 300 °C. Trycket i förbränningskammaren är 3–4 bar, och turbinens rotationshastighet 30 000–100 000 rpm. Med ett sådant system kan man nå elverkningsgrader på 30–35 %. Genom att utnyttja överskottsvärmen kan man nå systemverkningsgrader på 85 %. Med luftlager kan man i de flesta mikrogasturbiner komma ifrån problemen med svavelväte i smörjoljan. Det är dock tillrådligt med föregående avsvavling med tanke på tendensen till korrosion vid höga svavelnivåer. Kommersiellt tillgängliga mikrogasturbiner kräver för stabil drift att metanhalten är lägst 30–35 volym%, vilket är ungefär samma nivå som för gasmotorer. Capstone[®] mikrogasturbiner är testade och kommersiellt framgångsrika och finns i en kompakt design för ett brett effektområde. Gasturbiner är mycket dyrare med avseende på investeringskostnader jämfört med gasmotorer, men har betydligt lägre underhållskostnader.



Figur 2: Flödesschema för gasturbin med kombinerad el- och värmeproduktion. Till höger och i mitten Capstone[®] mikrogasturbinsystem

2.3. Brännare för restgas

Brännare för restgas är specialgasbrännare som klarar förbränning vid låga metanhalter. Vanligen krävs en blandning av 4–7 volym% metan och förbränningsluft. Eftersom restgasen från moderna biogasupptraderingsanläggningar vanligen har mycket lägre metanhalt behöver en viss mängd gas med högre energiinnehåll tillsättas (rå biogas eller biometan) för att den ska vara antändbar. En annan möjlighet är att man utformar upptraderingsanläggningen och kör den med högre metanslip. Vi har tidigare nämnt att det ofta är sådan drift som ger bäst ekonomi. Flox[®] brännare (Flamlös oxidation) används särskilt ofta som brännare för restgas, och de finns att köpa som kompletta system. Gasblandningen förbränns flamlöst genom att förbränningsluften och eventuellt även restgasen förvärms. Brännarens rökgaser är 600–700 °C. Metoden baseras till stor del på recirkulering av stora kvantiteter heta rökgaser till reaktionszonen samt kraftig förvärmning av luften.



Figur 3: Flamlös förbränning av restgas samt brännarhuvud enligt FLOX[®]-principen (källa: WS Wärmeprozestechnik GmbH, www.flox.com)

2.4. Katalytisk oxidation

Vissa metallers katalytiska verkan (platina, palladium, kobolt) sänker påtagligt aktiveringsenergin för oxidation av metan med luftens syre så att man kan få fullständig förbränning vid lägre temperaturer

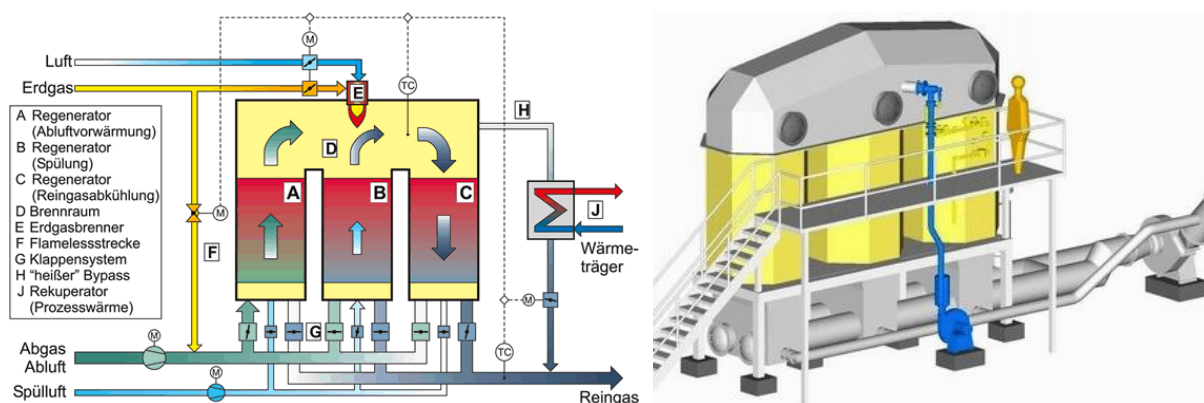
än annars även vid låga metanhalter. Man bör dock undvika alltför höga metanhalter eftersom det finns risk för överhettning av katalysatorn som brukar vara ett fast, sintrat ämne. Förbränningen sker vanligen vid temperaturer mellan 400 och 500 °C och restgasen behöver rekuperativ förvärmning med förbränningsvärme till den temperaturen. När systemet kommit igång fungerar metoden utan tillskott av värme. Observera dock att metoden är mycket känslig för förgiftning av katalysatorn av exempelvis H₂S som på kort tid kan deaktivera katalysatorn. En kommersiellt tillgänglig process är ZETECH[®]. Cirka 70–80 % av värmen i restgasens metan kan utnyttjas med detta system.



Figur 4: Två system för katalytisk oxidation av brännbara gaser samt katalytisk MatriX-brännare i funktion (källa: Dürr Clean Technology Systems AG, R.Scheuchl GmbH, Viessmann GmbH & Co. KG)

2.5. Regenerativ termisk oxidation (RTO)

Regenerativ termisk oxidation arbetar med ett antal mycket välisolerade värmelager (vanligen 2–3) som kan absorbera oxidationsvärmen från metanförförbränningen. Värmen används till att värma restgasen från uppgraderingsanläggningen till den temperatur som krävs för reaktionen, som i sin tur avger värme (exoterm reaktion). Värmen som frigörs lagras sedan i värmelagret. Man kan få en tillräckligt hög temperaturnivå för oxidationen i hela anläggningen genom att växla restgasströmmen mellan värmelagren. Redan från metanhalter på 2 g CH₄/m³ och uppåt kan den här metoden fungera utan tillskott av värme. Processen är okänslig för H₂S, i motsats till katalytisk oxidation. En kommersiell process som bygger på den här principen finns tillgänglig under namnet VOCSIDIZER[®].



Figur 5: Regenerativ termisk oxidation av brännbara gaser samt bild av en RTO-enhet (källa: TU Clausthal, Aersystem Abluftreinigungs- und Wärmetechnik GmbH)

3. Källor

”Abschlussbericht Verbundprojekt Biogaseinspeisung, Band 4”

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Urban, Lohmann, Girod; Tyskland, 2009

www.umsicht.fraunhofer.de

”Biogas upgrading technologies - developments and innovations”

IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas

Peterson, Wellinger; Sverige & Schweiz, 2009

www.iea-biogas.net

”Biomethan”

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Beil, Beyrich, Holzhammer, Krause; Gülzow-Prüzen, Deutschland, 2012

http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr_biomethan_web.pdf

”DWA-Regelwerk: Aufbereitung von Biogas”

Merkblatt DWA-M 361

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)

Tyskland, 2011

”Membrane biogas upgrading processes for the production of natural gas substitute”

Separation and Purification Technology 74 (2010) 83–92

Makaruk, Miltner, Harasek; 2010

www.journals.elsevier.com/separation-and-purification-technology

”Methane–carbon dioxide mixtures as a fuel”

SAE Technical Paper Series 921557, 81–91

Karim, Wierzba; 1992

”Technisch-wirtschaftlicher Vergleich eines Gasmotors mit einer Mikrogasturbine”

Bachelorarbeit FH Oberösterreich

Lugmayr, 2010

<http://www.methapur.com/downloads.php>