



BEST PRACTICE - KONKRETE EKSEMPLER BIOMETAN PRODUKTION AN- LÆG

EMMERTSBÜHL BIOGAS ANLÆG, TYSKLAND

ZALAVÍZ WATERWORKS SELSKAB, UNGARN

BRUCK/LEITHA BIOGAS ANLÆG, ØSTRIG



Vilkår for anvendelse/Ansvarsfraskrivelse

Disse konkrete eksempler indeholder oplysninger direkte fra virksomheder, som ikke kunne kontrolleres. Rapporteringen af kommercielle produkter, deres kilder eller deres anvendelse i forbindelse med materialet, som er indberettet i rapporten, skal ikke opfattes som faktiske eller stiltiende godkendelse af teknologi eller services. Alle billeder er gengivet med tilladelse af anlægget / virksomheden. Oplysningerne i denne rapport er givet i god tro, og partnerne i Bio-metan Regioner gør sig ingen forestillinger med hensyn til dets nøjagtighed eller indhold. Partnerne i Bio-metan Regionerne er ikke ansvarlige, for så vidt som loven tillader det, for eventuelle udgifter eller tab, herunder specielle, tilfældige, betingede eller lignende skader eller tab, der direkte eller indirekte opstår som et resultat af at bruge rapporten eller de foreliggende oplysninger i den.

De konkrete eksempler blev lavet efter undersøgelser / virksomhedsbesøg foretaget mellem 2011 og 2012, og informationerne er derfor kun relevante for driftsforhold på tidspunktet for besøget. Nogle anlæg kan nu være drevet på andre betingelser end dem, der er beskrevet i de konkrete eksempler.

Eneansvaret for indholdet af denne rapport ligger hos forfatterne. Det afspejler ikke nødvendigvis Den Europæiske Unions opfattelse. Hverken EACI ([European Association for Creativity and Innovation](#)) eller Europa-Kommissionen er ansvarlige for nogen som helst brug, der måtte blive gjort af oplysningerne heri.

Forfattere

Tim Patterson og Sandra Esteves University of Glamorgan	UoG	UK
Annegret Wolf, Heinz Kastenholz og Andreas Lotz Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Schwäbisch Hall mbH	WFG	DE
Martin Miltner og Michael Harasek Technical University of Vienna	TUV-ICE	AU

Eneansvaret for indholdet af denne rapport ligger hos forfatterne. Den afspejler ikke nødvendigvis Den Europæiske Unions opfattelse. Hverken EACI eller Europa-Kommissionen er ansvarlige for brug af oplysninger fra denne rapport.

3. Emmertsbühl Biogas/Biometan anlæg, Tyskland

INTRODUKTION / OVERSIGT

Biogas / biometan fabrikken ligger ved et landbrug i landsbyen Emmertsbühl, ca. 120 km nordøst for Stuttgart i Baden-Württemberg-regionen i det sydlige Tyskland. Landmanden og AD-anlægsejeren havde i 2005 oprindeligt udviklet et AD-anlæg på stedet med hvede som den primære råvare og biogas til udnyttelse i et kraftvarmeværk, selv om der ikke var nogen lokal bruger for overskydende varme, der blev produceret på anlægget. I 2008 undersøgte ejeren mulighederne for en udvidelse af anlægget og ønskede at øge udnyttelsen af den producerede biogas. I samarbejde med energiselskabet EnBW Vertrieb GmbH blev der udviklet en plan, hvorved anlægget kunne udvides, og biogasproduktionen ville være tilstrækkelig til at tillade en opgradering af biogas til biometan med indsprøjtning til det lokale gas net. Den indeholdt en hidtil ukendt måde at udnytte det lokale lavtryks gas net som indsprøjtningsspunktet med overskydende gas, der eksporteres via lavtryks nettet til medium trykgas netværk.

BESKRIVELSE AF ANLÆGGET

Energiafgrøder til det anaerobe biogasanlæg dyrkes på anlæggets ejers / driftslederens 500 hektar store gård. Den primære råvare er helsæds majs, og hvede ensilage med en lille mængde af græsenilage udnyttes også. Dele af gården, dvs. 70 ha, anvendes også til at dyrke vinterhvede og majs i rotation, som også anvendes som råmateriale. Den samlede råvareproduktion er omkring 20.000 tons ensilage om året.

Forbehandling

Forud for opbevaring hakkes energiafgrøderne til ca. 10 mm kornstørrelse. Energiafgrøderne lagres i dækkede ensilagekuler på stedet, og omkring 50 tons energiafgrøder tilsættes dagligt til en automatiseret faststofs anlæg, som tilføjer energiafgrøder til de primære rådnetanke. Overfladevand, som strømmer fra ensilagekulerne og biogasanlægget, opsamles i en underjordisk betontank, som leverer al nødvendig procesvand til biogasanlægget.



Majs, vinterhvede og græs ensilage energiafgrøder i kule



Automatiseret faststofs anlæg

Anaerob udrådning

Den aktuelle sammensætning af anlægget har udviklet sig siden opførelsen af det oprindelige anlæg i 2005, og som sådan består det af en række tankkonstruktioner og mængder. Det oprindelige 2005 anlæg blev konstrueret af Lipp GmbH og er lavet af dobbeltsømmed / valset rustfrit stål. En yderligere tank af beton blev senere tilføjet af Novatech GmbH. I 2010 blev en udvidelse af anlægget færdiggjort af ejeren og omfattede opførelsen af yderligere rådnetanke og substrat lagertanke af beton.

AD anlægget består derfor nu af 2 primære rådnetanke med et volumen på 1.600 m³ og 1.200 m³. De primære rådnetanke omfatter en ny betonbeholder bygget i 2010 af anlæggets ejer, og en betonbeholder bygget af Novatech GmbH før udvidelsen. Begge beholderes fundament er ca. 2,0 m under jordniveau for at reducere beholderhøjden og varmetabet. Den nyeste beholder er udstyret med en fleksibel dobbeltmembran gaslager top. Begge primære rådnetanke drives ved ca. 40-45°C og omrøres automatisk. Mikronæringsstoffer, herunder kobolt, mangan og selen, tilsættes dagligt til rådnetankene. Jernsalte tilsættes også for at reducere H₂S (svovlbrinte) indholdet af biogassen gennem kemisk binding af svovl.

Hver primær rådnetank er efterfulgt af en sekundær rådnetank (1.100 m³ og 1.000 m³), som ligeledes opvarmes til 37-40°C og blandes automatisk. De oprindelige tanke, som blev bygget af Lipp GmbH, anvendes nu som de sekundære rådnetanke.



Tre udviklingsfaser: (i) Bagerst til venstre, Lipp GmbH, (ii) forrest, selvbygget tank, (iii) Bagerst midtfor og til højre, Novatech GmbH



Substrat faststofs udskiller

Substrat

Fra de sekundære rådnetanke ledes materialet over i de to substrat lagertanke af beton (2.000 m³ og 2.600 m³), som blev bygget i 2010. Disse er ikke opvarmet, men omfatter fleksible dobbelte membran overdækninger til lagring af gas til anlægget. Det anslås, at 2-3% af den samlede gasproduktion er produceret via biogas i selve substrat lagertankene. Samlet opholdstid inden for det samlede system (primær rådnetank - sekundær rådnetank - substrat lagring) er cirka 130 dage.

Blandet substrat er adskilt i faste og flydende fraktioner. Væskefraktionen lagres på stedet i en overdækket beholder før anvendelsen på landmandens jord som gødning. Udskilte faste stoffer sælges til nabo landmændene, som anvender den som jordforbedringsmidler.

Biogas produktion og udnyttelse

Det anaerobe biogasanlæg producerer biogas med en hastighed på omkring 500 m³ / t og har et indhold af metan på cirka 52 - 54%. I den oprindelige sammensætning af anlægget (2005) blev biogassen udnyttet i 2 kraftvarmeværker (170 kW_{el} og 250 kW_{el}), selv om varmen fra kraftvarmevær-

kerne ikke blev udnyttet til andet end opvarmning af rådnetankene på stedet. For at maksimere udnyttelsen af biogas fremstillet på stedet, blev der derfor udviklet en biogas opgraderingsanlæg ved siden af AD-anlægget. Kraftvarmeværket er fortsat på stedet og kan anvendes i tilfælde af, at opgraderingsanlægget ikke er tilgængeligt (f.eks. ved vedligeholdelse eller ved reparation).

Biogas opgraderingsanlægget blev udviklet og er drevet af EnBW Vertrieb GmbH. Som sådan har virksomheden indgået en aftale med en AD driftsleder, der skal levere en bestemt mængde og kvalitet af biogas til en aftalt pris til opgraderingsanlægget. Opgraderingsanlægget blev leveret af Schmack Carbotech GmbH.



Et af de 2 varmekraftværker, som blev installeret som del af den oprindelige udvikling, og som nu kun bruges som back up



Oversigtsbillede over biogas opgraderingsanlægget bestilt i 2010

Rå biogas kommer ind i opgraderingsanlægget til en 3 m³ opbevaringsbeholder, som er nogle få milibar mindre end atmosfærisk tryk. Biogassen komprimeres derefter til 6 bar, hvorefter gastemperaturen er cirka 86°C. Gassen afkøles fra 86°C til 46°C med gasrørledningskomponenter (skal i skallen) til gasvarmeveksleren. En fase II vandkølet varmeveksler afkøler derefter biogassen fra 46°C til 23°C, før en afkølede varmeveksler afkøler gassen fra 23°C til 6°C for at fremstille en tør biogas. Den tørrede biogas opvarmes derefter til ca. 46°C ved hjælp af modstrømmen fra det første trins varmeveksler.

Herfra passerer den tørrede biogas via et aktivt kulfilter til fjernelse af svovlbrinte ved et tryk på cirka 5 bar. H₂S udfældes på kulfilter som elementært svovl, og det skønnes, at det aktive kulfilter skal udskiftes omkring hvert andet år. For at maksimere effektiviteten af de aktive kulfiltre, tilsættes en lille mængde (ca. 300 l / time) af luft til gasblandingen

Efter afsvoivlingen er gastemperaturen igen reduceret til 26°C, da dette har vist sig at være den optimale driftstemperatur for den anvendte CO₂ / CH₄ udskillesteknologi; Tryksvingsoptagelse (PSA). Anlægget anvender 6 PSA beholdere pakket med aktivt kul molekylær sigtemateriale (Carbotech AC GmbH). Gassen kommer ind i beholderens bund og sættes under tryk på lidt over 5 bar. CH₄ molekyler får lov at passere gennem det molekylære sigtemateriale, som resulterer i en gas med et højt CH₄ indhold, der forlader toppen af PSA tryksvingsoptagelsen. CO₂ molekyler tilbageholdes i molekylær sigten, men frigives, når trykket reduceres for at frembringe en CO₂-rig gas, der forlader bunden af beholderen. Anlægget består af 6 beholdere i alt, som opererer i tre par, således at to beholdere er under tryk, to er ved fuldt tryk og frembringer biometan, og to er på trykafastning til dannelse af CO₂-rig affaldsgas. På denne måde opnås en konstant produktion af biometan. Hvert par af beholdere tager cirka 230 sekunder om at løbe gennem sit overtryk - produktion - trykfald cyklus. CH₄ indholdet af produktgassen overvåges på dette tidspunkt, og hvis kvaliteten på noget tidspunkt ligger under det nødvendige krav, kan produktgassen genanvendes gennem PSA-systemet. Anlægget har kapaci-

tet til at producere maksimum 320 m³ biogas i timen med en CH₄ indhold på 98% - og er derfor i øjeblikket begrænset af produktionskapaciteten i det anaerobe biogasanlæg (500 m³ / time rå biogas).

Biometan, der er produceret på anlægget, lagres i en buffertank ved et tryk på 4,2 bar. Herfra bliver gassen odoriseret og dets kvalitet måles ved anvendelse af en in-line gaskromatograf, som måler CH₄, CO₂, H₂S, H₂ og O₂. Mængden af den biometan, der forlader anlægget, måles.

Biometanen indsprøjtes i det lokale lavtryks gas net (500 til 800 millibar), som ejes og drives af EnBW Gasnetz GmbH, der leverer til cirka 300 slutbrugere, herunder indenlandske og industrielle kunder. Afstanden til lavtryksnetværket er ca. 800 m. Kunder på dette lavtryksnet køber deres gas på grundlag af mængde i kombination med dens brændværdi (brændværdien måles hvert 3. minut og er beregnet til en gennemsnitlig månedsbrændværdi). Da den fælles naturgas i gasnettet har en brændværdi på ca. 11,3 kWh / m³, og den indsprøjtede biometan kun har en brændværdi på max. 10,85, så blandes den naturgas, som kommer ind i lavtryksnettet med en lille mængde af atmosfærisk luft for at reducere brændværdien til 10,85 kWh / m³. Standard praksis i Tyskland og andre steder ville være at øge biometanens brændværdi, så det passer til naturgassen ved tilsætning af f-gas (LPG), f.eks. propan; dog reduceres naturgassens brændværdi for at spare på LPG omkostningerne i Emmertsbühl.

En betydelig del af gassen i lavtryksnettet anvendes af et lille antal industrielle kunder. Når efterspørgslen fra disse kunder er reduceret (især i weekenden), har lavtryksnettet ikke tilstrækkelig kapacitet til at modtage al den gas, der leveres af Emmertsbühl anlægget. På disse tidspunkter vendes gasstrømmen mod forbindelsen mellem lavtryks og mediumtryks (40 bar) nettet. Her komprimerer et andet anlæg gassen fra lavtryksnettet op til 40 bar, og LPG tilsættes for at standardisere gassen med det, der allerede findes i mediumtryks nettet. Gas i lavtryksnettet (dvs. biogas) indsprøjtes derefter i medium trykledningerne.



Rå biogas buffertank (forrest til venstre), x2 aktive kulfiltre (i midten til højre), biometan lager-tank (bagerst til venstre)



Seks beholdere PSA CH₄ / CO₂ udskillelsesenhed

En lukket nødafbrænding er til stede på stedet til anvendelse i tilfælde af, at biometanen ikke kan indsprøjtes i gasnettet. Derudover kan biogassen anvendes af on-site kraftvarmeværkerne, hvis opgraderingsanlægget som tidligere beskrevet er utilgængeligt (f.eks. i vedligeholdelsesperioder).

Den konventionelle model ville have været at indsprøjte biometanen direkte i mediumtryksnettet

ved 40 bar for ikke at overstige kapaciteten af lavtryksnettet. Men fordelene ved den anvendte model er, at:

1. Afstandene til nye rørledninger blev reduceret til 800 m, hvor en ny forbindelse til mediumtryks rørledningen ville have krævet omkring 5 km ny rørledning
2. Kompressionsomkostningerne reduceres væsentligt. Hovedparten af gassen tilsættes til nettet ved 500-800 millibar med kun overskydende gas i weekenden, som kræver komprimering til 40 bar
3. Tilføjelse af propan reduceres også, da hovedparten af gassen anvendes i lavtryksnettet, som arbejder ved en lavere brændværdi. Kun gas, der er indsprøjtet i mediumtryksnettet, kræver tilføjelse af propan for at opnå brændværdien af naturgassen i rørledningen.

Denne tilgang betyder, at biogas opgraderingsanlægget (eller andre vedvarende gaskilder) kunne placeres på steder, der tidligere blev betragtet som uegnede på grund af begrænset kapacitet i det lokale gas net.

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Den CO₂ rige affaldsgas fra PSA anlægget indeholder stadig ca. 2-4% CH₄ og bør derfor ikke frigives direkte til miljøet. På Emmertsbühl anlægget flytter en vakuumpumpe afgangsgassen til en lille opbevaringsbeholder, hvorefter den komprimeres, før den brændes i en forbrændingsovn specielt designet til at brænde brændsel med lav brændværdi (eflox GmbH). For at opnå en stabil flamme, er komprimeret luft og en lille mængde rå biogas også påkrævet. Affaldsgas forbrændingsanlægget producerer omkring 115 kW varmeenergi. Cirka 100 kW af dette udnyttes til at opvarme rådnetankene på det anaerobe udrådningssystem (AD), og de resterende 15 kW bruges til almindelig opvarmning af stedet. Affaldsgassen fra brændkammeret bliver behandlet med en katalytisk ilter.

Visuelle / lokale påvirkninger

Der er ikke beskrevet nogen uønskede visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af de tekniske hjælpefunktioner befinder sig indenfor ISO standard stålbeholdere.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Energibalace

Efterspørgsel efter elektricitet fra rådnetanke		Ikke kendt
Efterspørgsel efter elektricitet fra opgraderingsanlæg	~ 105 til 115 kW	
Elektricitet fremstillet på kraftvarmeanlæg (kun backup)	420 kW	

Varmebehov på rådnetanke		110 kW
Varmebehov på opgraderingsanlæg		Ingen
Varme, der produceres ved affaldsgas forbrændingen	150 kW	

Omkostninger & Økonomi

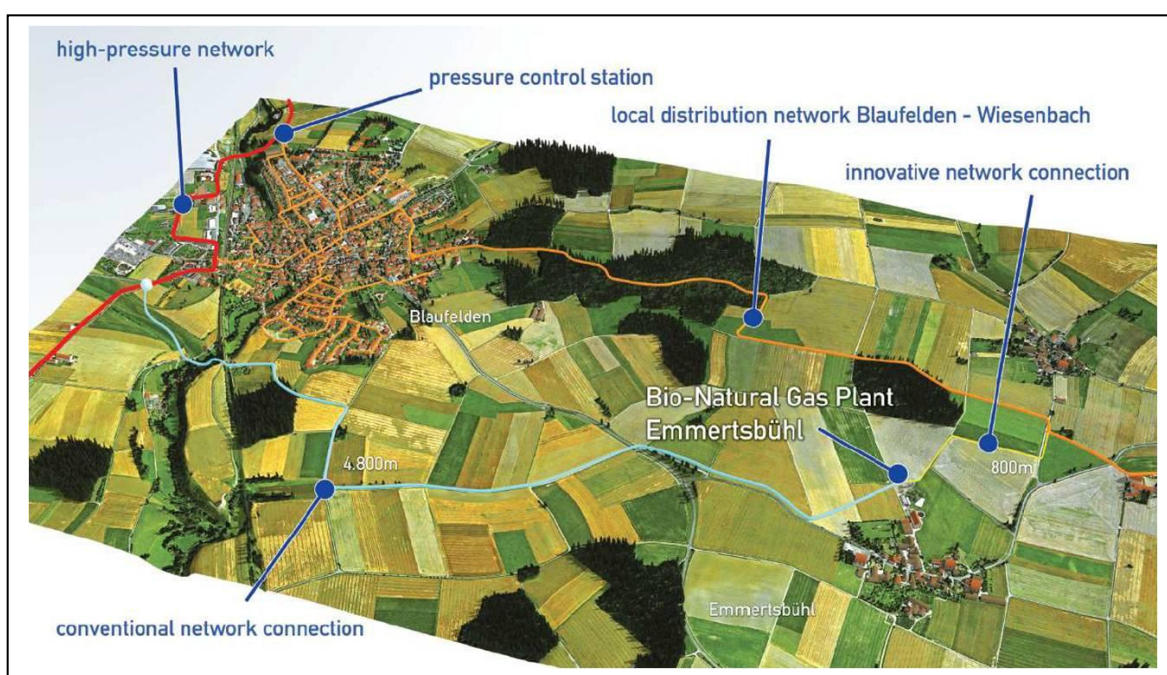
At opgraderingsanlægget og konfigurationsmodellen af indsprøjtning til nettet er muligt, skyldes i vid udstrækning det retlige krav til energi-virksomheder om at levere vedvarende energi til deres kunder, og den måde, hvorpå energiindustrien er struktureret og reguleret i Tyskland.

Først og fremmest måtte udvikleren af biogas opgraderingsanlægget (EnBW Vertrieb GmbH) forhandle med biogas producenten om at forsyne anlægget med en garanteret volumen og mængde af

rå biogas om året. En 20-årig kontrakt er aftalt om at levere 20 til 24.000.000 kWh (ca. 3.600.000 m³ rå biogas) om året.

Lederen af biogasanlægget skulle selv være sikker på, at han fik en fair pris for den gas, der produceres, da han var nødt til at dække omkostningerne ved at producere den rå råvare (ensilage af majs, græs og vinterhvede), samt den ekstra kapitalomkostning for udvidelsen af anlægget.

Udvikleren af opgraderingsanlægget har derefter måttet forhandle med gasnettets ejer og leder (EnBW Gasnetz GmbH) for at etablere den optimale model for indsprøjtning i gasnettet. I dette tilfælde skulle omkostningerne ved den yderligere komprimering og brændværdi justeringsanlæg i den lav-mediumtryks-forbindelse opfyldes af lederen af gasnettet. Det havde en anslået kapitalomkostning på 1,8 millioner €. Dette skulle afbalanceres med alternativet, som var at konstruere en 5 km rørledning direkte til mediumtryks nettet frem for 800 m til at forbinde til det lavtryksnettet.



Skematisk visning af nettilslutningslayoutet

Kilde: J. Darocha, EnBW Vertrieb GmbH, april 2012

Først da disse aftaler var på plads, var opgraderingsudvikleren i stand til at fremskaffe opgraderingsanlægget. Investeringsomkostningerne for dette var omkring € 3 millioner (inkl. bygninger og fonde).

Opgraderingsudvikleren var også nødt til at sikre sig, at markedet ville betale en passende pris for den producerede biometan. Der er ingen direkte tilskud til indsprøjtning af biometan til gasnettet i Tyskland, og derfor skal alle omkostninger i sidste ende dækkes af kunderne. I Tyskland er der kun tilskud til elektrisk energi produceret fra vedvarende energikilder (dvs. sol, vand, vind og biomasse, herunder biogas). I dette tilfælde bliver størstedelen af den producerede biometan udnyttet af et lille antal industrielle slutbrugere, der anvender biometan i kraftvarmeværker til produktion af elektricitet og termisk energi, og som sådan nyder godt af tilskud, der udbetales til den elektriske energi, der tilføres det offentlige net, mens den termiske energi benyttes til deres produktionsprocesser.

Produktionsomkostningerne for biometan i Tyskland er blevet anslået af opgraderingsanlæggets leder (i april 2012) til at være:

Kostpris for rå Biogas	5,0 til 6,5 € c / kWh
Kostprisen for Opgradering	1,0 til 1,8 € c / kWh
I alt kostpris for biogas	6,0 til 8,3 € c / kWh

Dette skal sammenlignes med grænseprisen (dvs. eksklusive afgifter, profit osv.) for naturgas importeret til Tyskland på ca. 2,73 € c / kWh. Som sådan, anslår opgraderingsanlæggets leder, at kostprisen for forbrugeren ved at købe 100% biometan er ca. det dobbelte sammenlignet med køb af naturgas.

Kunderne behøver ikke fysisk at købe gassen produceret på Emmertsbühl anlægget, men kan i realiteten købe den grønne gas. For at sikre, at balancen mellem indsprøjtet og solgt biometan er lige, er biometan mængderne certificeret af det tyske energiagentur. Kunderne har derfor mulighed for at købe en bestemt værdi, eller en vis procentdel af deres gasforbrug, som biogas. For eksempel kan en slutkunde ønske at erstatte 30% af hans samlede gasforbrug med biometan, og derfor købe gas fra energileverandøren (EnBW Vertrieb GmbH), der består af 30% biogas og 70% fælles naturgas.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette casestudie viser en række punkter. For det første viser den, at teknologien er let tilgængelig til at producere rå biogas og opgradere den til biometan, i dette tilfælde ved hjælp af PSA. Med over 70 opgraderingsanlæg i Tyskland alene (pr. april 2012) er dette ikke noget nyt, selv om størstedelen af opgraderingsanlæggene hidtil er blevet knyttet til større AD-anlæg med god netadgang, hvor stor-driftsfordele gør udvikling ligetil.

Endnu vigtigere er, at dette case studium viser den måde, hvorpå forhandlingerne mellem en række parter, som bakkes op af en lovgivningsramme, der giver en vis fleksibilitet, har muliggjort en udvikling af en innovativ ordning, hvor gasstrømme indenfor et lokalt lavtryksnet kan vendes for at tilvejebringe gassen til mediumtryksnet i perioder med lav efterspørgsel. Det viser også, at dette kan opnås økonomisk med omkostningerne til slutbrugere og tilbagebetalingstid til investorer inden for acceptable grænser. Dette åbner op for udsigten til at udvikle opgraderingsanlæg på steder, der tidligere ansås for at være mindre optimal.

TAK

Forfatterne vil gerne takke anlægsejere og ledere, herunder EnBW Vertrieb GmbH, for at tillade adgang til anlægget og for at tilvejebringe yderligere oplysninger, der indgår i dette casestudie.

4. ZALAVÍZ WATERWORKS COMPANY, UNGARN

INDLEDNING / OVERSIGT

Biogas/biometan anlægget ligger på et spildevandsanlæg, som behandler spildevand fra Zalaegerszeg, et stort byområde i den sydvestlige del af Ungarn. Anlægget dækker et område på cirka 1 hektar og driver ikke en klaringskammer, men bruger en 3-trins Phoredox (A2 / O) aktiv slam behandlingsproces. Dette svarer til et konventionelt aktivt slam-system med en anaerob zone før det aerobe bassin, men omfatter også en yderligere anoxisk zone efter den anaerobe zone. De anaerobe rådnetanke blev installeret for at behandle overskydende aktivt slam og blev idriftsat i december 2009. Rensningsanlægget (herunder udrådninganlægget) blev designet af UTB Envirotech Company Ltd og bygget af Ökoprotech Ltd. Anlægget behandler omkring 50.000 - 60.000 m³ af det overskydende aktive slam, som er produceret på stedet, og spildevandsslam importeret fra andre lokale rensningsanlæg.

Den biogas, der er produceret på anlægget, kan bruges til at producere elektricitet, varme (via kraftvarmeanlægget) og kan opgraderes til at producere biometan brændstof til biler. Opgraderingsanlægget blev idriftsat i 2010 og bruger vandskrubningsteknologi designet af DMT miljøteknologi, Holland, og som leveres lokalt af Ökoprotech Ltd. Optankningsteknologien blev leveret af Fornovogas, Italien. Den logiske begrundelse for udviklingen af opgraderingsanlægget var at reducere forekomsten af forurenende stoffer i den rå biogas med henblik på at forlænge gasmotorernes levetid. Installationen af en opgraderingsenhed tillod også diversificering af slutanvendelser til at omfatte brændstof til køretøjer. Opgraderingsanlægget og tankstationen dækker et areal på cirka 500 m².

BESKRIVELSE AF ANLÆGGET

Det anaerobe nedbrydningsanlæg blev designet til at behandle omkring 50.000 - 60.000 tons om året af overskydende aktivt slam og normal spildevandsslam, som produceres på et kommunalt rensningsanlæg og importeret fra andre lokale rensningsanlæg med højst 30 km afstand fra AD anlægget.

To råvareprøver udtages hver uge og analyseres på et eksternt laboratorium med 1 uges behandling for tørstof (TS), flygtige faste stoffer (VS), alle kulhydrater, alle lipider, alle proteiner, ion-indhold for tungmetaller og letmetal. Analysen udføres i overensstemmelse med lokale standarder (MSZ 318-3: 1979, Ungarn).

Forbehandling

Anaerob nedbrydning

Anlægget har ikke mulighed for at oplagre råstoffer på stedet. Produceret og importeret slam fra anlægget føres direkte ind i processen uden yderligere forbehandling.

Det anaerobe nedbrydningsanlæg består af to rådnetanke i stålbeton konstruktion, isoleret med 15 cm polystyren og dækket med vejrbeskyttende beklædning. Hver rådnetank har en volumen på 1.460 m³, som giver en total rådnetanksvolumen på 2.920 m³. Fordøjelsesprocessen arbejder ved mesofile temperaturer (36 - 38°C). Varmen til processen leveres af den tabte varme fra stedets gasmotorer og kedler, der leveres til processen via rør i rør vand / slam varmevekslere. Materialet i rådnetankene omrøres mekanisk (Scaba om-

rørere med svømmelagsbrydere) med drivmotorer monteret på rådnetankens top. Slammet blandes også ved recirkulation.

Kloakslam kommer ind i fordøjelsesprocessen med cirka 5% totalt faststofindhold (med 70% flygtige faste stoffer), og processen har en opholdstid på 20 dage. Slammet tilføres kontinuerligt ind i rådnetankene via en arkimedisk skruepumpe.

Fordøjelsesprocessen overvåges ved indsamlingen af følgende data:

Parameter	Hypighed	Prøve-udtagning	Metode	Sted	Ekspediti-onstid
Temperatur	Vedvarende	Online	-	På anlægget	Omgående
pH	Vedvarende	Online	-	På anlægget	Omgående
Total tørstoffer	Ugentlig	Manuelt	MSZ 318-3 :1979 (Hungary)	Laboratoriet	Måned efter
Organisk belastning (kg VS (flygtige faste stoffer) / m ³ og d)	Ugentlig	Manuelt	MSZ 318-3 :1979 (Ungarn)	Laboratoriet	Måned efter
Flygtige fedtsyrer (VFAs)	Ugentlig	Manuelt	MX-7:2008 (Ungarn)	Laboratoriet	Ugen efter

Substrat

En 500 m³ substrat lagertank findes på stedet. Udrådnet slam har et totalt faststofindhold på ca. 3,8%, og substrat omrøres mekanisk i lagertanken for at forhindre bundfældning. Opbevaring af substrat omfatter ikke den resterende biogasopsamling.

Substrat udskillelse af fastfase / væskefase udføres under anvendelse af en cylinder kompressor (til forkomprimering) efterfulgt af en slam centrifuge (til dehydrering) fremstillet af Alfa-Laval. Denne producerer ca. 35.000 - 40.000 m³ væskefase spildevand pr. år og 8.000 - 10.000 tons resterende faststoffer med et tørstofindhold på ca. 20% pr. år.

Fastmaterialet transporteres i 9 m³ lastbiler, ca. 2-3 gange om dagen, til en lagerfacilitet for slam ca. 5 km fra anlægget. Materialet anvendes til sidst på landbrugsarealer til produktion af foderafgrøder i overensstemmelse med national lovgivning (50/2001 (IV.3) statslig forordning, Ungarn). Slutbrugerne af materialet har rapporteret en 30-40% stigning i planteproduktionen som et resultat af at udnytte produktet i stedet for syntetisk gødning.

Væskefase substrat kan generelt ikke behandles direkte i rensningsanlægget på grund af høje ammoniak-koncentrationer. Derfor, for at behandle væsken på et acceptabelt niveau, er en DEamMONification (DE-MON) fremgangsmåde til fjernelse af nitrogen blevet installeret. Anlægget, som blev bestilt i 2010, har en behandlingskapacitet på 160 m³ / dag, svarende til omdannelse af omkring 160 kg / dag NH₄ - N. Ved fremgangsmåden anvendes en flertrins biologisk denitrifikation proces udviklet af Innsbruck University (Østrig). Nitrificerende bakterier i det første trin ilter en del af ammoniakken til nitrit. En anden gruppe af bakterier anvender nitrit og den resterende ammoniak til fremstilling af nitrogengas, der frigøres fra væsken. Denitrifikation af substrat reducerer ammoniak-koncentrationerne fra omkring 800 - 1000 mg / l til ca. 100 mg / l, som giver omkring 150 m³ substrat, som bliver recirkuleret tilbage gennem behandlingsprocessen.

Substrats overvåges for følgende parametre:

Parameter	Hypighed	Prøve-udtagning	Metode	Sted	Ekspeditions-tid
Næringsstoffer & Sporstoffer (N, P, S, Fe, Co, Ni, Mo, Se, Cr, Pb, Mg, Mn) g / kg TS	3 gange / år	Manuelt	MSZ	Laboratoriet	Næste uge
N / kg FM substrat	Ugentligt	Manuelt	MSZ 318 (Ungarn)	Laboratoriet	Næste måned
Flygtige fedtsyrer (VFAs)	Hver anden uge	Manuelt	MX-7:2008*	Laboratoriet	Næste måned

* Bemærk: MX-7:2008 er en specifik metode for stedet som er blevet officielt godkendt af anlæggets laboratorium.

Biogas Produktion og Udnyttelse

Ca. 1.000 - 1.200 m³ / dag biogas er produceret af fordøjelsesprocessen. Dette kan udnyttes til enten produktion af elektricitet og varme, eller kan opgraderes og anvendes som brændstof til køretøjer. Det er underforstået, at dette repræsenterer ca. 30% af den samlede produktionskapacitet på AD-anlægget. Denne underkapacitet skyldes et lavere gennemløb af spildevandet end forventet gennem rensningsanlægget, og resulterer i et lavere input af delvist stabiliseret slam til rådnetankene.

Rå biogas indeholder ca. 69% metan, 31% kuldioxid og 0,4% nitrogen og lagres på stedet i et 1.000 m³ gaslager boblehal (fremstillet af Sattler). Før anvendelsen bliver gassen tørret og komprimeret til ca. 60 mbar

Der er ikke givet detaljer vedrørende elproduktionsanlægget og -kedler, som anvender biogas; dog er det kendt, at produktionsanlæggets elektriske produktion er omkring 1.200 - 1.700 kWh / dag.

Biogas opgradering består af to primære processer. For det første er svovlbrinte koncentrationerne reduceret fra cirka 75 mg/m³ i den rå biogas til <1,5 mg/m³ ved hjælp af en aktiv kul optager. Kulmateriale har ikke krævet udskiftning siden begyndelsen af driften i 2010



Biogas opgraderingsenhed i ISO stål container

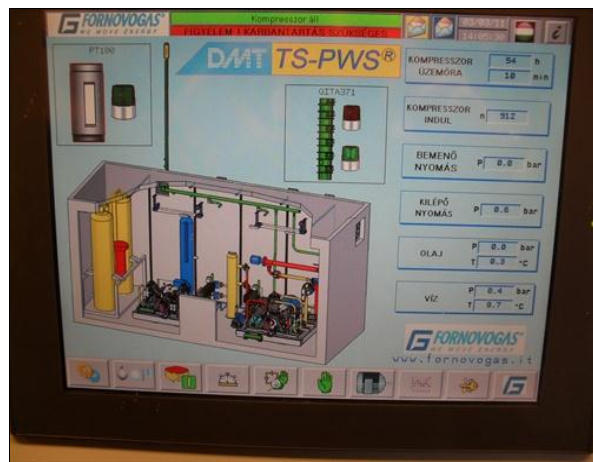


200 bar biometan lager

For det andet fjernes kuldioxid fra gasstrømmen ved hjælp af et trykstyret vandskrubning system (Tryksat rensningssystem med vand skrubber) (ill. 1) designet af DMT miljøteknologi, Holland, og som lokalt leveres af Ökoprotec Ltd. Anlægget har en kapacitet på 50Nm³ / time. Dette system omfatter recirkulering af procesvand for at minimere det samlede vandforbrug. Samlet vandforbrug i 2011 er rapporteret til at være 60 m³. Efter gas opgradering, er gaskvaliteten ca. 99,15% metan og 0,85% kuldioxid. Biometan produktionen er omkring 15-20 kg per dag, hvilket er cirka 1,5 til 2% af den samlede biogas, der kan produceres på stedet. Opgraderet biogas komprimeres til 200 bar og opbevares på stedet i 25 nummererede 80 liters gaslagre flasker (ill. 2). Hurtig optankning af køretøjer infrastruktur (ill. 3) er leveret af Fornovogas, Italien. Anlægget styres af et styringssystem baseret på webscada med grafisk brugergrænseflade (ill. 4). Opgraderings og tanknings faciliteten opfylder efterspørgslen af 10 CNG (komprimeret naturgas) køretøjer (ca. 30 m³ / dag). Tab af metan ved opgraderingssystemet er blevet gjort op til ca. 0,1%.



Biometan tank station



Webscada kontrol grænseflade

På grund af højtryks gaslagrene er anlægget udpeget som eksplosionssikkert område, og overholdelse af forordningerne udstukket af det lokale Mineinspektorat og det ungarske kontor for udstedelse af handelslicenser (Ungarn) er vigtig.

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Spildevandsbehandlingsanlæg til behandling af de udskilte substrat væsker er beskrevet ovenfor. Ingen andre faciliteter til behandling af udledninger er nødvendige på anlægget.

Visuel / lokale påvirkninger

Der er ikke beskrevet nogen negative visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af de tekniske hjælpefunktioner befinder sig i ISO standard stål.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Energibalance

Efterspørgsel af elektricitet fra rådnetanke 20kWh / dag

Efterspørgsel efter elektricitet fra

Opgraderings- & brændstofpåfyldningsanlæg drift) 55 kWh / dag (hvis i kontinuerlig drift)

Elektricitet produceret af biogas elektrisk generator dag	1.200 - 1.700 kWh /
Varmebehov på rådnetankene dag (150 - 200 kW)	3.600 - 6.000 kWh /
Varmebehov på opgraderings- & Brændstofpåfyldningsanlæg	0 kWh / dag
Biogas kedel & kraftvarme varmeproduktion	3.120 kWh / dag (ca.)

Omkostninger & Økonomi

Kapital-og driftsudgifter til opgraderingsanlægget er vurderet af ejeren som følger:

Kapitalomkostning EUR	600.000 - 700.000
Driftsomkostninger	
Elektricitet	1.000 EUR
Årlig eksplosionssikker kontrol & certificering	13.700 EUR
Kalibrering & told betalinger	1.700 EUR
Udsiftning af aktivt kul	6.700 EUR
Diverse EUR	1.700

Lokal vedligeholdelse af opgraderingsanlægget varetages af en medarbejder. Der har været mindre driftsmæssige problemer siden idriftsættelsen af anlægget, primært forbundet med opstået koldt vejr og aktive-ring af lavtemperatur sensorerne i vandstrømmen; dog menes disse spørgsmål at være relativt enkle at løse.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette er den første biometan tankstation i Central- og Østeuropa. Planlægningen af anlægget omfattede en kommunikationsstrategi, så relevante oplysninger kunne leveres til offentligheden og medierne. Derved har anlæggets ejer sammen med den lokale regering og distributørerne af de CNG køretøjer, der bruges af anlægget, i høj grad medvirket til, at der blev sat fokus på biogas og mere udbredt på miljømæssig emne i regionen.

Den oprindelige årsag til udviklingen af opgraderingsanlægget var at fjerne forurenende stoffer fra biogasstrømmen og dermed forlænge den driftsmæssige levetid af det el-og varmeproducerende anlæg på stedet. Dog vil evnen til at drive en flåde af køretøjer bringe yderligere miljømæssige og økonomiske fordele.

Det bemærkes, at anlægsejerne i øjeblikket vurderer potentialet for installation af en pasteuriseringsenhed på stedet, som tillader behandling af yderligere højt organisk indhold, der indeholder animalske biprodukter på anlægget (f.eks. slagteriaffald).

5. BRUCK/LEITHA BIOGASANLÆG, ØSTRIG

INDLEDNING / OVERSIGT

Biogas / biometan anlægget ligger i et område med landbrugsjord omtrent 40 km øst for Wien i delstaten Niederösterreich i den østlige del af Østrig. Biogasanlægget drives som en sam-udrådningsanlæg og udnytter i høj grad organisk affaldsmateriale til produktion af biogas af høj kvalitet. Anlægget blev idriftsat i 2004 og producerede oprindeligt el og varme til det lokale fjernvarmenet ved hjælp af kraftvarmeværker-gasmotorer. I år 2007 blev biogasanlægget suppleret med opstilling og idriftsættelse af et biogasopgraderingsanlæg, der fremstiller biometan, som indsprøjtes i naturgasnettet. En del af denne gas forbruges i det lokale lavtryks-net, i den resterende del (især om sommeren og om natten) komprimeres den til 60bar og indsprøjtes i regionale højtryks gasnet. Fabrikanten af opgraderingssystemet var Axiom Ange wandte Prozesstechnik GmbH, og hele biogas / biometan produktionsanlægget drives af Biogas Bruck / Leitha GmbH.

ANLÆGSBESKRIVELSE

Energiafgrøderne til det anaerobe udrådningsanlæg er grundlæggende organiske restmaterialer af varierende oprindelse. Disse omfatter organiske rester fra landbrugsproduktionen og fødevarerproduktionen, dato-udløbet emballeret og ikke emballeret mad, lecitin dele fra produktion af biodiesel, organisk affaldsmateriale fra adskilt indsamling fra husholdninger og lokal handel, fedt udskilningsrester, madolie og fedt, mejeriprodukter affald og slagteriaffald. Samlet råvareforbrug er cirka 28.000 tons om året.

Forbehandling

Afhængig af typen af råvare anvendes forskellige forbehandlingstrin og opbevaringsmetoder. Flydende materiale opbevares i to mellemstore buffertanke. Fast organisk materiale opbevares i en plansilo på anlægget. Pakket materiale (dato-udløbet, og afvist mad) udpakkes mekanisk og spules til væske buffertanken. Afstrømning af overfladevand fra udrådningsanlægget opsamles i en beholder for at forsyne al nødvendig procesvand til udrådningsanlægget. Råmaterialet blandes med dette vand i en ud af to blandetanke, og tørstofindholdet tilpasses. Under den automatiske pumpning til de to primære gæringsapparater er tørdelelen hakket til cirka 10 mm partikelstørrelse. Omkring 100 tons råmateriale transporteres til gæringsapparaterne om dagen.



Udpakningsanlæg (bagbygningen)



Flydende væske buffertanke (til venstre), over-

fladevandtank (til højre)



Plansilo til fast organisk materiale



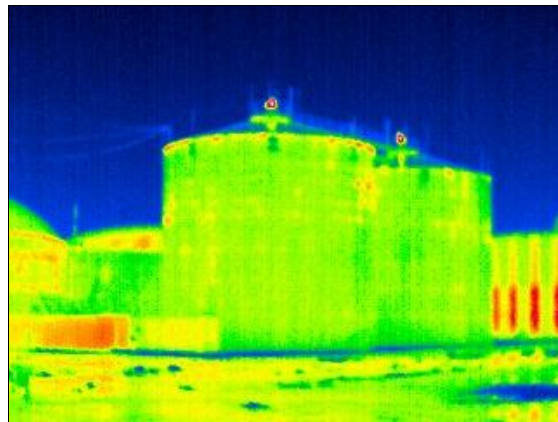
Blandetank (forrest)

Anaerob udrådning og substrat

Råmaterialet pumpes direkte fra mæsketankene til de primære rådnetanke. I øjeblikket er der tre rådnetanke på hver 3.000 m³ i drift på stedet. To af disse beholdere er med dobbelt samling rustfrit stål konstruktioner, den tredje er betydeligt nyere og er lavet af betontætner. Alle rådnetankene drives hele tiden ved en temperatur på 38°C, hvilket kræver en beholder opvarmning (ca. 200KW middelværdi over hele året). Mechanisk omrøring udføres både ved langsom omrøring ved hjælp af en central skrue samt højhastigheds omrøring ved tre punkter rundt om beholderens rand. Mikronæringsstoffer og jernsalte til H₂S reduktion tilsættes rådnetankene på daglig basis.



De 2 primære rustfrie stål rådnetanke (til højre) & den sekundære rådnetank med gaslager (bagerst til venstre)



Termisk billede af de primære rådnetanke



Den primære rådnetanks centralomrører



Substrat afhentning af en lokal landmand

Hver primær rådnetank er efterfulgt af en sekundær rådnetank (5.000 m³ hver), som også er opvarmet til 38°C og mekanisk blandet. Begge beholdere er udstyret med en fleksibel dobbelt membran gaslager topkonstruktion. Derudover fungerer disse beholdere som substrat opbevaring. Substrat er ikke opdelt i faste stoffer og væsker og anvendes af lokale landmænd som gødningsstof (kun ca. fra april til november). Det anslås, at 2-3% af den samlede gasproduktion produceres via biogas inden for de sekundære gæringsapparater.

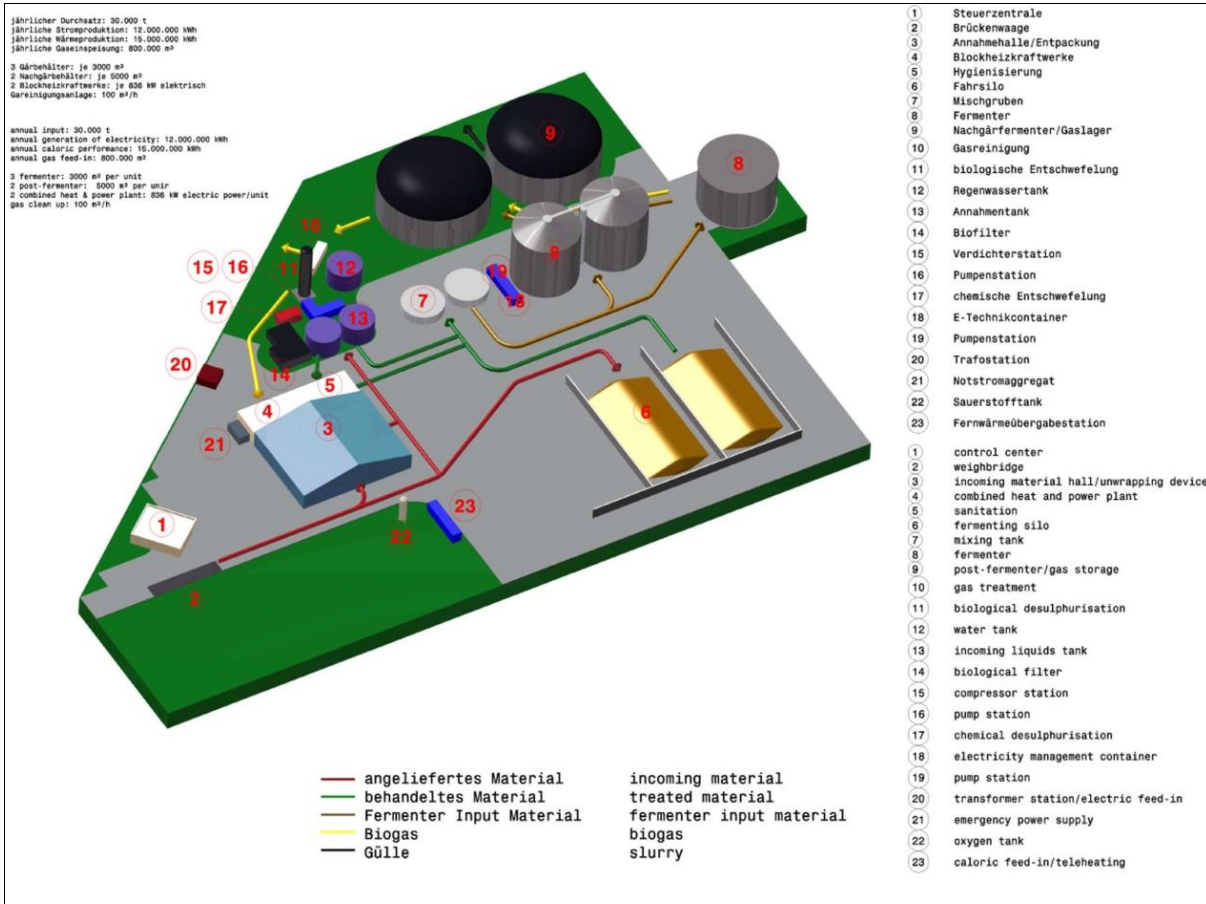


Sekundær rådnetank og gaslager



Sekundær rådnetank og gaslager

Den samlede opholdstid inden for det samlede system (primær rådnetank - sekundær rådnetank – substrat lager) er cirka 50 til 60 dage.



Oversigt over biogas / biometan anlægget i Bruck/Leitha

Biogas Produktion og udnyttelse

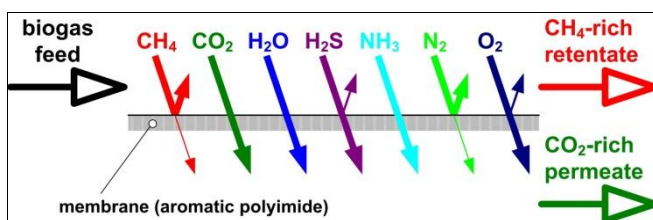
Det anaerobe rådnetanksanlæg producerer biogas med en hastighed på omkring 800 m³ / time og har et typisk metan indhold på 60 - 64%. Den vigtigste del af denne biogas udnyttes i 2 kraftvarme gasmotorer (GE Jenbacher, 836 kWel – hver), som producerer 12 GWh elektricitet og 15 GWh procesvarme på årsbasis. Elektricitet indsprøjtes i nettet på en (grøn energi) indføringstakst på omkring 8.5€ct/kWh (årlig gennemsnitlig værdi). Varmen (omkring 1,2 MW) leveres til det lokale fjernvarmesystem i byen Bruck / Leitha (længde omkring 11 km) som en støtte til den varme, der produceres af et lokalt biomasseforbrændingsanlæg (6 MW). Således forsynes omkring 800 husstande med energi til opvarmning, der dækker cirka en tredjedel af varmebehovet i Bruck / Leitha. En lille mængde af den varme, der produceres af kraftvarme gasmotorer, udnyttes direkte på det anaerobe rådnetanksanlæg til at opvarme rådnetankene til driftstemperatur (ca. 200 kW som en årlig gennemsnitsværdi). Den samlede elektriske efterspørgsel fra biogas / biometan produktionsstedet er omkring 1 GWh om året.

I år 2007 blev et biogas opgraderingsanlæg installeret og idriftsat med en produktionskapacitet af biometan på 100 m³ / time, som indsprøjtes i det nærliggende naturgasnet. Til dette formål tages der en delstrøm på 170 m³ biogas i timen parallelt med de installerede kraftvarme motorer. Biometan anlægget var Østrigs første opgraderingsanlæg efter industriel målestok med indsprøjtning til nettet og i regelmæssig drift siden 2008.

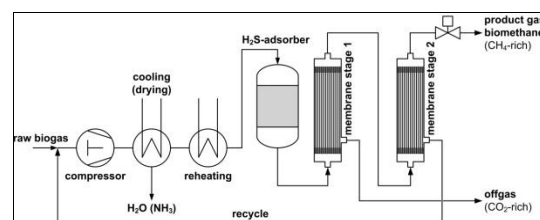
Biogas opgraderingsanlægget er designet og bygget i løbet af et kæmpe forskningsprojekt ("Virtuel biogas": www.virtuellesbiogas.at) i et samarbejde med førende gasselskaber, universiteter (Wiens tekniske universi-

tet, Universitet for naturressourcer og biovidenskab i Wien), AD-anlæggets fungerende juridiske person, og anlæggets entreprenør. Dette anlæg anvender den innovative teknologi i separationsmembran (gas gennemtrængning) til den vigtige opgave med fjernelse af kuldioxid og gas tørring. Det blev designet og fremstillet af firmaet AXIOM Angewandte Prozesstechnik GmbH og har været drevet siden 2008 af AD-anlæggets ejer Biogas Bruck / Leitha GmbH. Hele opgraderingsanlægget er monteret inde i en standard 30 fods-beholder af entreprenøren af anlægget og er blevet transporteret i sin helhed til den endelige placering i Bruck / Leitha. En række anlæg, som også anvender denne teknologi, er blevet bestilt i Østrig og Tyskland af entreprenøren siden da, og teknologien er kommercielt tilgængelig.

Den anvendte membran-teknologi (gasegennemtrængning) har sine fordele i en stabil og kontinuerlig drift og er således let at styre. Endvidere er der ingen behov for dyre fornyelser eller kemikalier. Hele processen bliver meget enkel, ligetil og kompakt. Separationsteknikken anvender en tæt polyimid-membran med forskellige opløseligheder og diffusiviteter for de forskellige gasarter, der er indeholdt i den rå biogas tilførsel. Som følge heraf er den drivende kraft til separation forskellen i partialtryk af de forskellige arter mellem tilførselsfasen og gennemtrængningsfasen. En høj strøm gennem membranen kan realiseres med højt tryk på tilførselsiden og et lavt tryk (nær atmosfærisk tryk) på gennemtrængningssiden af membranen. Ved at anvende dette membranmateriale fjernes de fleste uønskede gasarter kvantitativt fra tilførselsstrømmen og transporteres gennem membranen til gennemtrængningsstrømmen. Kun nitrogen viser lignende adfærd som metan og kan derfor ikke fjernes ved denne teknik, men forbliver i gasproduktstrømmen, det såkaldte retentat. Tilstrækkelig produktgas kvalitet og mængde kan nemt nås, hvis der er givet nok membranareal og passende driftsbetingelser. De store fordele ved denne fremgangsmåde i forhold til andre er kontinuiteten, kompakheden, samtidig tørring og fjernelse af spor af svovlbrinte og ammoniak. Eftersom blandingen af NH_3 , H_2S og meget fugtig gas kan bringe membranmaterialet i fare, er en gasbehandling før gasegennemtrængningen nødvendig.



Princippet om gaseparation ved hjælp af membran-teknik gasegennemtrængning



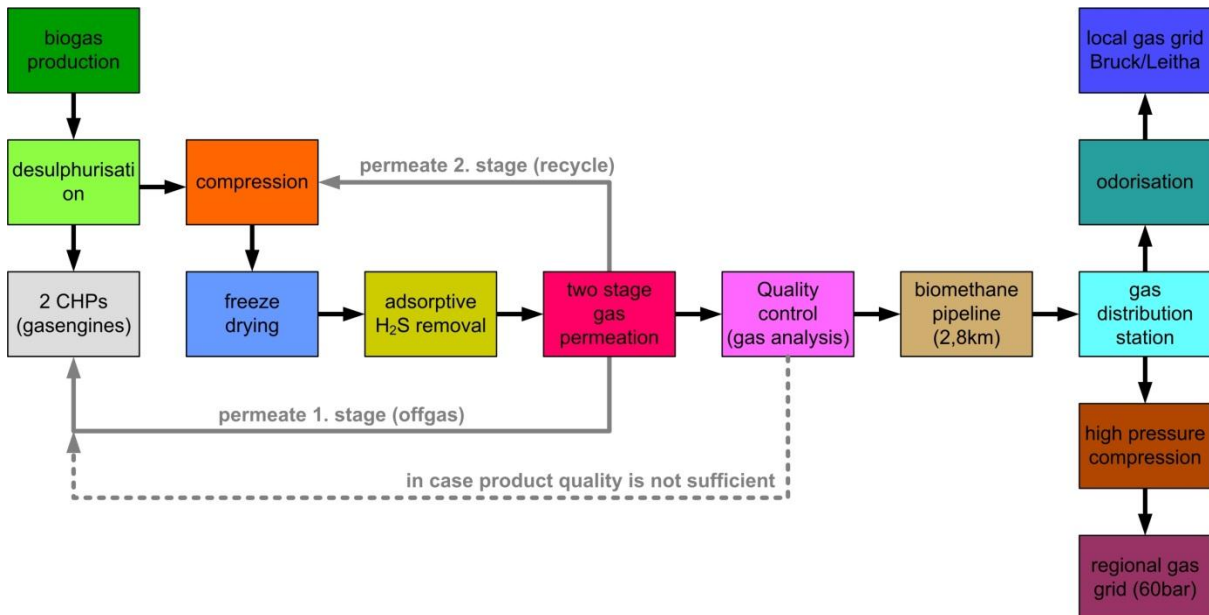
Proces konceptplan for biogas opgradering ved hjælp af gasegennemtrængning

Membranerne er opbygget som hule fibre med højttryk tilførsel / retentat strøm på indersiden af røret, og lavtryk gennemtrængningen (næsten atmosfærisk) på ydersiden af røret. Mange af disse fibre opsamles til dannelse af et membranmodul, som tilføres biogas under tryk.

I opgraderingsanlægget Bruck / Leitha blandes den rå biogas fra gæringsbeholderne med det gennemtrængende fra den anden membranfase, som efterfølgende komprimeres og vand kondenseres ved gastemperaturer på under 7°C . Bagefter varmes biogassen op igen ved hjælp af overskudsvarme fra kompressoren for at opnå den optimale temperatur for de efterfølgende adskillesestrin. Derefter bliver svovlbrinten fjernet ved hjælp af adsorption, og det forbehandlede gas tilføres to-trins membranseparationsprocessen.

For at minimere metan tabet, er to-trins membranmoduler blevet foreslået. Gennemtrængningsstrømmen fra det andet trin, som indeholder væsentligt højere mængder af metan i forhold til det gennemtrængende fra det første trin, føres tilbage til genkomprimering. Som følge af genbrug af dette gennemtrængningsmateriale forventes en ikke-lineær dynamisk egenskab af processen. Metan kvaliteten af den producerede gas fra retentatet af det andet trin styres af en proportionalventil, der er placeret ved retentat udløbet af anden fase. Placeringen af ventilen indstilles ved en PID-regulator (proportional-integral-derivative), som påvirker trykket i tilførselskanalerne, og på samme tid metan indholdet af den producerede gas. Ved at anvende

denne kontrolstrategi kan der fremstilles en gas med forskelligt metan indhold (f.eks. fra en næsten rå gas-sammensætning på 70% til 99% eller mere). Desuden kan volumenstrømmen af den producerede biogas let justeres med en forbedret PID-regulator, som betjener rotationshastigheden for kompressoren ved hjælp af en frekvensomformer.



Procesintegration af biogas opgraderingsanlægget Bruck / Leitha

Som enhver anden udskillelsesteknik, kan gasgennemstrømning ikke overføre al metanen fra den rå biogas tilførsel til den producerede biometan. Som følge heraf indeholder den kuldioxid-rige affaldsgas stadig små mængder metan (normalt 2-3% af det producerede biometan) og andre adskilte stoffer. For at opnå en nuludlednings-strategi for metan er opgraderingsanlægget perfekt integreret i det eksisterende biogasanlæg, og affaldsgas leveres tilbage til de eksisterende gasmotorer (kraftvarme med rå biogas). Således er den resterende metan ikke udledt i atmosfæren, men er brændt, og dets kemiske energi bruges til at producere el og varme.

Efter en kortfattet online analyse af de relevante gasarter (metan, kuldioxid, ilt, svovlbrinte, fugtighed) transporteres den producerede gas til den tankstation, der distribuerer gassen, via en 2,8 km lang rørledning. Hvis kvaliteten af den gas med hensyn til alle parametre, der er nævnt i de østrigske love, ikke opfylder de lovmæssige forpligtelser for tilførselsdrift, afbrydes net forsyningen øjeblikkeligt, og gassen transporteres tilbage til gasmotorerne i biogasanlægget. Styresystemet vil derefter igen forsøge at forbedre kvaliteten af den producerede gas og genoptage leveringen til nettet. Brændværdien af den indsprøjtede gas er ca. 10,86 kWh / m³ og er kompatibel med standarden for det østrigske gas net. Det er derfor ikke nødvendigt med yderligere LPG (flaskegas) dosering for at øge brændværdien. Den "grønne" naturgas sælges til el-net udbyderen på virtuel basis.



Visning ude- og indefra af biogas opgraderingsanlægget Bruck / Leitha, som viser kompressor, varmevekslere (til højre) og membranmoduler (til venstre)

Den leverede biometan transporteres til den nærliggende by Bruck / Leitha (Befolkning: 7.600) via det offentlige naturgasnet med et tryk på op til 3 bar. Den årlige efterspørgsel på omkring 800 husstande er dækket af den tilførte mængde biometan. I vintermånederne bruges hele mængden af biometanen for at tilfredsstille gas efterspørgslen af denne ordning (og yderligere naturgas er påkrævet). I sommermånederne er gas efterspørgslen kun en brøkdel af den producerede gas, og den biometan, der er tilovers, komprimeres til 60bar og indsprøjtes i det regionale naturgasnet. Denne tilgang muliggør en konstant drift af biogas opgraderingsanlægget over hele året, og dermed optimeret arbejdsbyrde og omkostningsstruktur.

Et meget vigtigt rengøringstrin under biogas opgraderingen er fjernelsen af svovlbrinte, som er specielt behandlet på biometan produktionsstedet i Bruck / Leitha. Den rå biogas, der er produceret på dette AD-anlæg, indeholder typisk op til 1.000 ppmv (parts per million volume) svovlbrinte, maksimale koncentrationer på op til 2.000 ppmv overvåges også hyppigt (afhængig af den anvendte type råmateriale). Desuden er der rapporteret om høje gradienter i svovlbrinte indholdet. På grund af sin giftighed og ætsende effekt er kun en meget lille mængde svovlbrinte tilladt i gassen. Den nuværende procesdesign omfatter fire teknologier til afsvovling for individuelle formål. Den første er in-situ-afsvovlingen ved tilsætning af specielle kemiske stoffer (flydende blandinger af metalsalte) direkte ind i rådnetanken (kemisk svovlbinding). Som følge heraf indeholder den producerede biogas typisk 100 til 500ppmv svovlbrinte ved afgang fra gaslagertankene.

Den anden er den mikrobiologiske behandling af gassen ved hjælp af kemoautotrofe bakterien Thiobacilli. Det resulterer i reduktion af svovlbrinte til ca. 50 ppmv. Mikroorganismene anvender H_2S til deres forbrænding og omdanner gassen til vand og elementært svovl eller svovlsyrling, som afgives og behandles sammen med spildevandet. Mikroorganismene har brug for ilt til denne oxidative omdannelse af svovlbrinte. Før biogas opgraderingsanlægget blev medtaget, har denne biologiske afsvovling været i drift med luft som iltningmiddel. På grund af det faktum, at luften består af fire femtedele kvælstof, og kvælstof ikke kan fjernes med opgraderingsteknikken fra biogasstrømmen, er dette afsvovlingstrin blevet eftermonteret med en ren ilt indsprøjtning.



Biologisk skrubber for rå biogas afsvovling



Jernoxid opsuger for den endelige biogas afsvovling

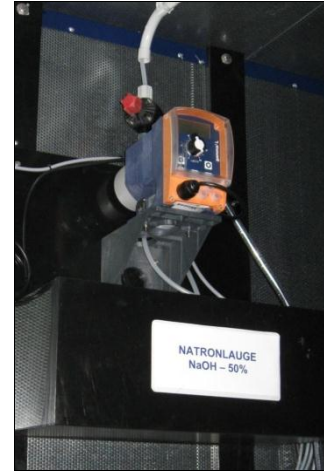
Det har vist sig, at det biologiske system ikke er i stand til at garantere en stabil afsvovling (især et konstant H_2S indhold i den blødgjorte gasstrøm) under faser med stærkt svingende rå biogas kvantitet og kvalitet, idet mikroorganismene har brug for tid til at tilpasse sig de ændrede forhold. Derfor er der blevet anvendt en yderligere afsvovlingsteknologi specielt til gasstrømmen, der anvendes til biogas opgraderingen. Denne nye teknologi involverer et kemisk oxidativt skrubningstrin, hvor den sure gas vaskes med en kaustisk opløsning (NaOH) til at absorbere H_2S fra gassen. Efterfølgende iltes den absorberede H_2S med brintoverilte for selektivt at forbedre fjernelsen mod kuldioxid og belastningskapaciteten af vaskevæsken. Anvendelsen af dette koncept til biogas afsvovling er ny, og et pilotanlæg med en rå gas kapacitet på $300 \text{ m}^3 / \text{time}$ er designet, bygget og optimeret i løbet af en to-årig forskningsprojektphase. Anlægget har været i regelmæssig drift siden 2010 og er kommercielt tilgængelig nu. Det har også været anvendt til et andet østrigsk biogas opgraderings og gas net indsprøjtninganlæg.



Visning udefra af den kemiske-oxidative skrubber til rå biogas afsvovling



Skrubbe søjle



Natriumhydroxid dose-ringspumpe

Det endelige fald i svovlbrinte udføres i det tredje trin, hvor adsorption ved hjælp af jernoxid eller zinkoxid er implementeret. Dette bruges udelukkende til endelig fjernelse af H_2S (fra 70 ppm til mindre end 3,3 ppmv, som krævet af gas net indsprøjtningen).



Skematisk visning af anlægget, net indsprøjtningepunktet og nettilslutningsanlægget (Google Earth 2012)

En lukket afbrændingsplatform er til stede på stedet til anvendelse i tilfælde af, at den producerede biogas strøm ikke kan anvendes i kraftvarme motorerne (f.eks. i vedligeholdelsesperioder) og i tilfælde af, at biometan produktionen heller ikke er tilgængelig.

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Den CO₂ rige affaldsgas fra biometan produktionsanlægget indeholder stadig ca. 2-4% CH₄ og må ikke frigives direkte til miljøet. Som allerede nævnt blandes denne affaldsgas med rå biogas og ledes til kraftvarme gasmotorerne. Da biogas opgradering kun anvendes på en del af den producerede biogas strøm, er denne valgmulighed realistisk og den mest omkostningseffektive. Hvis der ikke er nogen kraftvarme motorer tilgængelige på et AD-anlæg, og biogas opgraderingen skal dække hele den producerede rå biogas, vil en særlig affaldsgas rensningsanlæg (typisk forbrænding, lav brændværdi brænder eller katalytisk oxidation) blive anvendt. Den producerede varme vil blive anvendt til at dække en del af rådnetankenes termiske varmebehov.

Visuel / lokale påvirkninger

Der er ikke blevet beskrevet nogen uønskede visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af det tekniske hjælpeanlæg befinder sig i ISO standard stål. Derudover er afstanden fra AD-anlægget til beboede områder relativt høj.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Masse- og energibalance

Råvare til AD-anlæg	28.000 t / år (ca. 3,3 t / time)
Produceret biogas	6.800.000 m ³ / år (ca. 800 m ³ / time)
Biometan net indsprøjtning	800.000 m ³ / år (100 m ³ / time)
Elforbrug for AD-anlæg	1.000.000 kWh / år (ca. 120 kW)
Elforbrug til Opgraderingsanlæg	296.000 kWh / år (ca. 37kW)
Elektricitet produceret af kraftvarmeværker	12.000.000 kWh / år (ca. 1.400 kW)
Varmebehov på AD-anlæg	1.700.000 kWh / år (ca. 200 kW)
Varmebehov på Opgraderingsanlægget	ingen ingen
Varme produceret af kraftvarmeværker	15.000.000 kWh / år (ca. 1750 kW)
Varme, der leveres til fjernvarme	10.200.000 kWh / år (ca. 1.200 kW)

Omkostninger & Økonomi

Først og fremmest skal det nævnes, at der på nuværende tidspunkt ikke eksisterer en lovpligtig tilførselspris for biometan i Østrig. Anlægsejere, som indsprøjter biometan i nettet, er nødt til at etablere individuelle kontrakter med individuelle tariffer og kontraktperioder med relevante gas net selskaber. Der er stadig intet system, der kan sammenlignes med den grønne el takst (2012).

Anlægget blev opført i løbet af et forskningsprojekt med 50% finansiering af nationale og føderale agenter, og tre store gas-og energiselskaber i det østlige Østrig har bidraget med de resterende 50%. Den indsprøjtede biogas blev leveret gratis til disse virksomheder af AD-anlæggets ejer i forskningsprojektets leve-

tid. Derefter blev opgraderingsanlægget overført til AD-anlæggets ejer uden yderligere omkostninger for dette selskab.

Investeringsomkostningerne til AD-anlægget er beregnet til at være i størrelsesordenen 6,5 mio. €, de driftsmæssige omkostninger er ikke blevet oplyst og er vanskelige at vurdere. De samlede specifikke produktionsomkostninger er blevet anslået til at være i omegnen af 0,30 € / m³ for rå biogas.

Investeringsomkostningerne for biogas anlægget var i området af 800.000 €. Specifikke produktionsomkostninger, der udelukkende tager højde for investeringen af biogasanlægget (svarende til årlige udgifter), komplette driftsomkostninger for anlægget, vedligeholdelse og personale er blevet beregnet til at være omkring 0,25 € / m³ for bio-metan.

Da produktionen af 1 m³ biometan kræver 1,7 m³ rå biogas, bliver de samlede specifikke produktionsomkostninger, herunder rå biogasproduktion og opgradering 0,76 € / m³ (67% rå biogasproduktion, 33% biogas opgradering). Hvis brændværdien af den producerede biometan tages i betragtning, er de samlede specifikke produktionsomkostninger omkring 7 €ct. / kWh. Alle omkostninger er baseret på beregninger med den stabile drift af anlægget i 2012.

Kunderne behøver ikke fysisk købe gassen, som er produceret på Bruck / Leitha anlægget, men kan købe den grønne gas praktisk talt som nævnt før. For at sikre, at balancen mellem indsprøjtet og solgt biometan er lige, er biometan mængderne certificeret af TÜV Østrig Services GmbH. Kunderne har derfor mulighed for at købe til en bestemt værdi, eller en vis procentdel af deres gasforbrug, som biometan.

Lokal vedligeholdelse af AD-anlægget og opgradering af anlægget varetages af en medarbejder. Efter optimeringsfasen af de anvendte biogas opgraderingssystemer har der ikke været rapporteret nogen signifikante driftsmæssige problemer.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette casestudie viser en række punkter. For det første viser den, at teknologien til at producere rå biogas og opgradere den til biometan er let tilgængelig; i dette tilfælde ved hjælp af membranseparation gasgennemtrængning. Det er vist, at anvendelsen af denne teknologi til biogas opgradering giver mulighed for en økonomisk naturgasnet indsprøjtning - selv i mindre målestok. I dag har indsprøjtning fra driftsanlæg typisk en produktionskapacitet, der er flere gange højere end det beskrevne anlæg i Bruck / Leitha. Også membranteknologi drager fordel af virkningerne af stordriftsfordele; det skal analyseres individuelt, hvilken teknologi der passer bedst til hvert enkelt tilfælde af biometan produktion. Alligevel skal man være opmærksom på, at biometan ikke er direkte konkurrencedygtig med importeret naturgas, og priserne for dette vedvarende produkt skal være højere.

Ejerne af biogas / biometan anlægget i Bruck / Leitha er meget tilfredse med driftsanlæggene og de driftsmæssige forhold. I øjeblikket vurderer de muligheden for at udvide biogas opgraderingskapaciteten til 800 m³ / time for rå biogas. Dette ville være den samlede mængde af produceret biogas, og dermed gøre CHP gasmotorerne forældede og sandsynligvis tage maskineriet ud af drift. Det sandsynlige skifte afhænger af afslutningen af de kontraherede grønne energi tilførselspriser.

TAK

Forfatterne vil gerne takke anlægsejere og ledere på Biogas Bruck / Leitha GmbH (DI Gerhard Danzinger og DI (FH) for at tillade adgang til anlægget og for at tilvejebringe yderligere oplysninger, der indgår i dette casestudie.