

SW

BIO-METHANE REGIONS

Från biogas till biometan
Goda exempel på anläggningar
Tillståndsprocessen i SVERIGE



With the support of





BIO-METHANE REGIONS

D 4.2.1

Från biogas till biometan
Goda exempel på anläggningar
Tillståndsprocessen i Sverige

Innehåll

1. Varför uppgradera biogasen till biometan?	3
2. Översikt av tekniken	4
3. Teknik för avsvavling av biogas	5
a. Processintern avsvavling: svavelutfällning	5
b. Biologisk avsvavling: biologisk skrubber	6
c. Kemisk-oxidativ skrubber	6
d. Adsorption på metalloxider eller aktivt kol	7
4. Teknik för uppgradering av biogas och produktion av biometan	7
a. Absorption	8
i. Fysikalisk absorption: vattenskrubber, tryckvattenabsorption	8
ii. Organisk fysikalisk absorption	9
iii. Kemisk absorption: aminoskrubber	9
b. Adsorption: Pressure swing adsorption (PSA)	10
c. Membranseparation	10
d. Jämförelse mellan olika tekniker för uppgradering av biogas	11
e. Avskiljning av ämnen i låga halter: vatten, ammoniak, siloxaner, partiklar	12
5. Avskiljning av metan från restgas	13
6. Källor	14
Goda exempel	15
EMMERTSBÜHL BIOGASANLÄGGNING, TYSKLAND	17
ZALAVÍZ AVLOPPSRENINGSVÄRK, UNGERN	23
BRUCK/LEITHA BIOGASANLÄGGNING, ÖSTERRIKE	28
TILLSTÅNDSPROCESSEN I SVERIGE	38

1. Varför uppgradera biogasen till biometan?

Vid en del anaeroba rötningsanläggningar medför det tydliga fördelar och möjligheter att uppgradera biogas till biometan. Den här översikten tar upp tillgänglig teknik för uppgradering av biogas till biometan (innehåller nästan 100 % metan) som kan användas som fordonsdrivmedel eller injiceras i naturgasnätet. Vid vilka förhållanden är det då lämpligt att uppgradera biogasen till biometan?

Den främsta fördelen med att producera biometan av biogasen i stället för el och värme i en kraftvärmeenhet är att energiproduktionen blir mycket effektiv. Om man kan använda det mesta av värmen minskar fördelarna med att producera biometan eftersom man redan utnyttjar biogasens energi i hög grad. Där man inte kan använda värme (utom till rötkammaren) blir effektiviteten bara mellan 30 och 40 %.

Många rötningsanläggningar ligger långt från stora värmeförbrukare och det kan vara svårt rent praktiskt eller alldeles för dyrt att dra rörledningar dit. Om det dessutom rör sig om privathushåll varierar värmebehovet. I sådana fall kan det vara bäst att överväga att producera biometan av all biogas, med undantag för den som behövs för att värma rötkammaren.

Det finns några viktiga begränsningar för att producera gas till gasnätet, som man måste ta hänsyn till mycket tidigt i projektet:

- All teknik för rening och injicering av gas i nätet är dyr, och blir inte alltid billigare ju mindre de är. Det kan göra småskaliga projekt oekonomiska för närvarande.
- Även om det är mycket billigare att transportera gas i rörledningar än att transportera värme, så blir det sämre ekonomi om avståndet till gasnätet är långt. Ägarförhållanden för marken och markens egenskaper påverkar också kostnaderna och om det överhuvudtaget är möjligt. Att lägga rörledningar i vägar är dyrt och kan vara komplicerat med andra anläggningar inblandade.
- Gasnätet som gasen ska injiceras i måste kunna hantera de mängder det handlar om. Ett lågtrycksnät med begränsad efterfrågan på gas under sommaren är kanske inte lämpligt för gasinjicering (även om man nu gör försök med att hitta lösningar på detta).

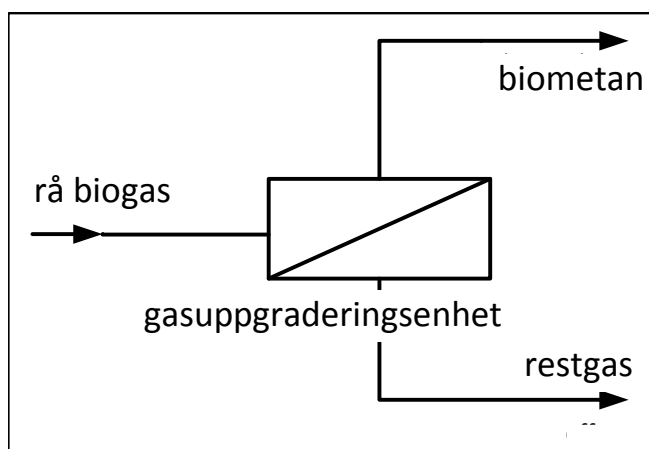
Med Biometankalkylatorn som tagits fram i det här projektet kan man göra ungefärliga kostnadsberäkningar inför en uppgradering. Andra faktorer, som det lokala gasnätets läge och lämplighet, får man diskutera med gasnätets operatör.

Den första delen av den här publikationen (fram till avsnittet Goda exempel) som ger detaljerad vägledning om teknik som är tillgänglig idag har producerats av Wiens Tekniska Högskola.

2. Översikt av tekniken

Uppgradering av biogas till biometan är idag en toppmodern gassepareringsprocess. Det finns ett antal kommersiellt tillgängliga tekniker, som har visat sig vara tekniskt och ekonomiskt genomförbara för att producera biometan av tillfredsställande kvalitet till drivmedel eller injicering i naturgasnätet. Intensiv forskning för att optimera och vidareutveckla dem och tillämpa andra tekniker på uppgradering av biogas pågår fortfarande. All teknik har sina specifika fördelar och nackdelar, och den här översikten visar att det inte finns någon teknik som är den optimala lösningen i varje situation. Rätt val av ekonomiskt mest gynnsamma teknik beror på kvalitet och kvantitet hos den biogas som ska uppgraderas, önskad kvalitet på biometan och vad den ska användas till, drift av den anaeroba rötningsanläggningen, substrattyp och kontinuitet i tillgång på substrat samt lokala förhållanden på anläggningen. Den här rapporten har tagits fram för att vara ett stöd under planeringsfasen för planerare och operatörer av nya uppgraderingsanläggningar.

Uppgradering av biogas (rågas) handlar om gasseparering där slutprodukten är en metanrik gas, biometan. Beroende på biogasens sammansättning omfattar separeringen avskiljning av koldioxid (ökar värmevärde), torkning av gasen, borttagning av ämnen i lägre halter (syre, kväve, svavelväte, ammoniak och siloxaner) samt komprimering till lämpligt tryck beroende på vad gasen ska användas till. Ibland odoriseras man gasen (om den ska injiceras i ett lokalt lågtrycksnät för naturgas) eller justerar värmevärdet genom propandosering. En enkel översikt av separering och gasströmmar får man i flödesschemat i Figur 1.



Figur 1: Enkelt flödesschema för uppgradering av biogas

Vid uppgraderingen delas biogasen i två gasströmmar: biometan och koldioxidrik restgas. Ingen separeringsteknik fungerar helt perfekt, så restgasen kan innehålla en del metan. Om man kan få tillstånd att ventilerar ut restgasen till atmosfären eller måste behandla den vidare avgörs av metanhalten, uppgraderingsanläggningens metanslip (mängd metan i restgasen i förhållande till mängden metan i den råa biogasen) och anläggningens juridiska förhållanden. I de följande avsnitten beskrivs teknik för de viktigaste delarna av uppgraderingsprocessen – avsvavling, avskiljning av koldioxid, torkning samt lite om rening från ämnen i låga halter och möjligheter att behandla restgasen.

Följande tabell visar typisk gassammansättning för biogas och deponigas och som jämförelse dansk naturgas, som är ganska representativ för den naturgaskvalitet som är vanlig runtom i Europa.

Parameter	Biogas	Deponigas	Naturgas (dansk)
Metan [vol%]	60–70	35–65	89
Andra kolväten [vol%]	0	0	9,4
Väte [vol%]	0	0–3	0
Koldioxid [vol%]	30–40	15–50	0,67
Kväve [vol%]	upp till 1	5–40	0,28
Syre [vol%]	upp till 0,5	0–5	0
Svavelväte [ppmv]	0–4000	0–100	2,9
Ammoniak [ppmv]	upp till 100	upp till 5	0
Effektivt värmevärde [kWh/m ³ (STP)]	6,5	4,4	11,0

3. Teknik för avsvavling av biogas

Även om koldioxid är den dominerande föroreningen i biogasen så har man visat att avskiljning av svavelväte (vätesulfid) kan vara avgörande för att hela uppgraderingskedjan ska vara tekniskt och ekonomiskt genomförbar. Det beror på substratets svavelhalt och kontinuiteten i rötningsprocessen. Svavelväte är en korrosiv och giftig gas som måste avlägsnas från biometan innan man injicerar den i gasnätet eller producerar fordonsdrivmedel. Det finns flera olika tekniker för avsvavling. För att få en tekniskt stabil och ekonomiskt konkurrenskraftig lösning kan man använda en teknik, eller en kombination av två eller flera tekniker, beroende på lokala förhållanden vid anläggningen. I följande avsnitt beskrivs de viktigaste metoderna som kan användas till uppgradering av biogas för injicering i nätet.

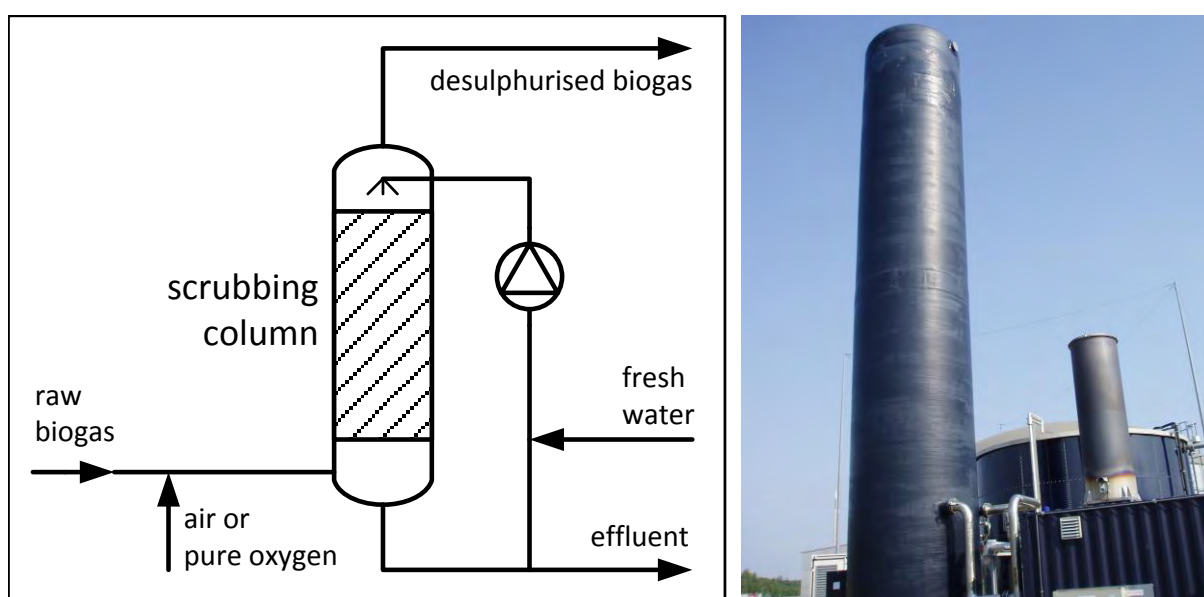
a. Processintern avsvavling: svavelutfällning

Genom att tillsätta en lösning av olika metallsalter (t.ex. järnklorid eller järnsulfat) fälls svavlet ut från substratet och en i det närmaste olöslig järnsulfid bildas. Järnsulfiden avlägsnas sedan tillsammans med rötresten. Med den här tekniken kan man även ta bort ammoniak från biogasen. Miljön förbättras för mikroorganismerna när mängden giftiga ämnen minskar, och det ökar metanutbytet.

Svavelutfällning är en förhållandevis billig avsvavlingsmetod, där nästan inga investeringar behövs. Man kan enkelt bygga om befintliga anaeroba rötningsanläggningar. Drift, övervakning och hantering är okomplicerat. Å andra sidan är det nästan omöjligt att kontrollera graden av avsvavling och proaktiva åtgärder är inte möjliga. Det finns tydliga begränsningar i effektiviteten och vilken biogaskvalitet man kan uppnå. Den här tekniken används typiskt vid rötning av substrat med hög svavelkoncentration som en första avsvavling följt av andra, eller när höga svavelvätehalter är tillåtna i biogasen.

b. Biologisk avsvavling: biologisk skrubber

Svavelväte kan avskiljas genom oxidation med hjälp av bakterier av släktena *Thiobacillus* och *Sulfolobus*. Vid oxidation måste syre finnas tillgängligt och därför tillsätter man en liten mängd luft, eller ren syrgas om kvävenivån måste hållas nere, till den biologiska avsvavlingen. Oxidationen kan ske i rötkammaren, i en separat tank eller i ett biologiskt filter. För att producera biometan som kan ersätta naturgas är det här det enda alternativet för uppgradering av biogas. Inuti det biologiska filtret finns en packad bädd där mikroorganismerna finns som ett biologiskt slam. Biogasen blandas med den tillsatta luften eller syrgasen, går in i filtret och möter ett motsatt riktat vattenflöde som innehåller näringsämnen. Mikroorganismerna oxiderar det oönskade svavelvätet med molekyllärt syre och omvandlar det till vatten och rent svavel eller svavelsyra som töms av tillsammans med avloppsvattnet från kolonnen. Metoden kräver måttliga investeringar och driftskostnaderna är låga. Tekniken är vida spridd och tillgängligheten är hög.



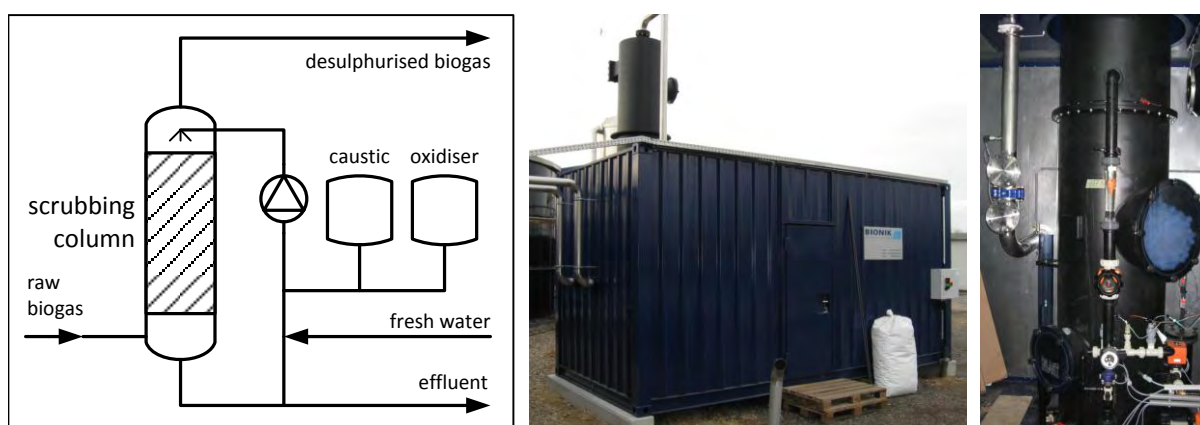
Figur 2: Flödesschema för en biologisk skrubberanläggning för avsvavling av biogas. Foto av biologisk skrubber vid biogasanläggningen Bruck/Leitha, Österrike, där kapaciteten för biogas är 800 m³/h (Källa: Wiens Tekniska Högskola, Biogas Bruck GmbH)

Metoden har visat sig vara enkel och stabil, och en klar fördel är att man slipper använda kemikalier. Emellertid har man vid långvarig användning av den här avsvavlingstekniken vid en uppgraderingsanläggning för biogas i Österrike visat att metoden knappast kan tillämpas om stabil injicering på nätet är ett krav. Det biologiska systemet kan avskilja även mycket stora mängder svavelväte från biogasen men har påtagligt dålig förmåga att anpassa sig till variationerna i biogasens innehåll av svavelväte. Tekniken är definitivt inte förstahandsvalet om man väntar stora mängder eller snabba fluktuationer i halten svavelväte vid rötningsanläggningen.

c. Kemisk-oxidativ skrubber

Absorption av svavelväte i basiska lösningar är en av de äldsta metoderna för avsvavling av gaser. Idag använder man natriumhydroxid och pH kontrolleras noggrant för att justera så att separeringen blir selektiv. Det handlar om att få anläggningen att fungera med så hög absorption av svavelväte och så låg absorption av koldioxid som möjligt för att hålla nere kemikalieförbrukningen (koldioxiden avlägsnas med effektivare teknik). Selektiviteten för svavelväte kontra koldioxid kan öka ytterligare

med hjälp av ett oxidationsmedel som oxiderar det absorberade svavelvätet till rent svavel eller sulfat, och på så vis ökar avsvavlingshastigheten. På biogasanläggningar brukar man använda väteperoxid till denna oxidation. Tekniken visar sig vara väl kontrollerbar och fungerar stabilt även när biogasen fluktuerar kraftigt i kvalitet och kvantitet. Vid stabil drift kan man komma ner till så låga svavelvätehalter som 5 ppm. Mest ekonomiskt är att nöja sig med 50 ppm, resten av svavelvätet kan avlägsnas genom adsorption på metalloxider. Tekniken kräver en detaljerad styrning av processen och kunskap om hur man handskas med kemiska agens. De specifika kostnaderna för tekniken är högst konkurrenskraftiga jämfört med andra befintliga avsvavlingstekniker. Om man väntar sig att svavelväteinnehållet kommer att vara högt eller fluktuera kraftigt är det värt att överväga att använda den här tekniken i anläggningen.



Figur 3: Flödesschema för en kemisk-oxidativ skrubberanläggning för avsvavling av rågas. Foto från kemisk-oxidativ skrubber vid biogasanläggningen Bruck/Leitha, Österrike där kapaciteten för biogas är 300 m³/h (Källa: Wiens Tekniska Högskola, Biogas Bruck GmbH)

d. Adsorption på metalloxider eller aktivt kol

Svavelväte kan adsorberas på metalloxiders yta, t.ex järnoxid eller kopparoxid, och även på aktivt kol, och på så vis utmärkt avlägsnas från biogasen. När svavelvätet adsorberas på metalloxider binds svavlet som en metallsulfid och vattenånga avgår. När det adsorberande materialet är mättat byts det ut mot färskt material. Adsorption av svavelväte på aktivt kol sker vanligtvis med en liten tillsats av syre för att oxidera den adsorberade gasen till svavel och binda den starkare till ytan. Om man inte får tillsätta syre finns ett specialimpregnerat aktivt kol att använda. Denna avsvavlingsteknik är extremt effektiv och ger koncentrationer på mindre än 1 ppm. Även om investeringskostnaderna är relativt låga så är de totala specifika kostnaderna för tekniken avsevärt högre vilket gör att den används främst för slutlig avsvavling eller finjustering (typiskt upp till 150 ppm svavelväte i biogasen).

4. Teknik för uppgradering av biogas och produktion av biometan

Det finns ett antal olika kommersiellt tillgängliga tekniker för uppgradering av biogas. Uppgraderingen omfattar torkning och avskiljning av koldioxid och därmed ökat värmevärde hos gasen som produceras. I följande avsnitt presenteras dessa beprövade tekniker. Därefter följer en beskrivning av avskiljning av ämnen som förekommer i små mängder. Dessa steg för att avlägsna olika substanser ingår normalt i kommersiellt tillgängliga anläggningar för uppgradering av biogas.

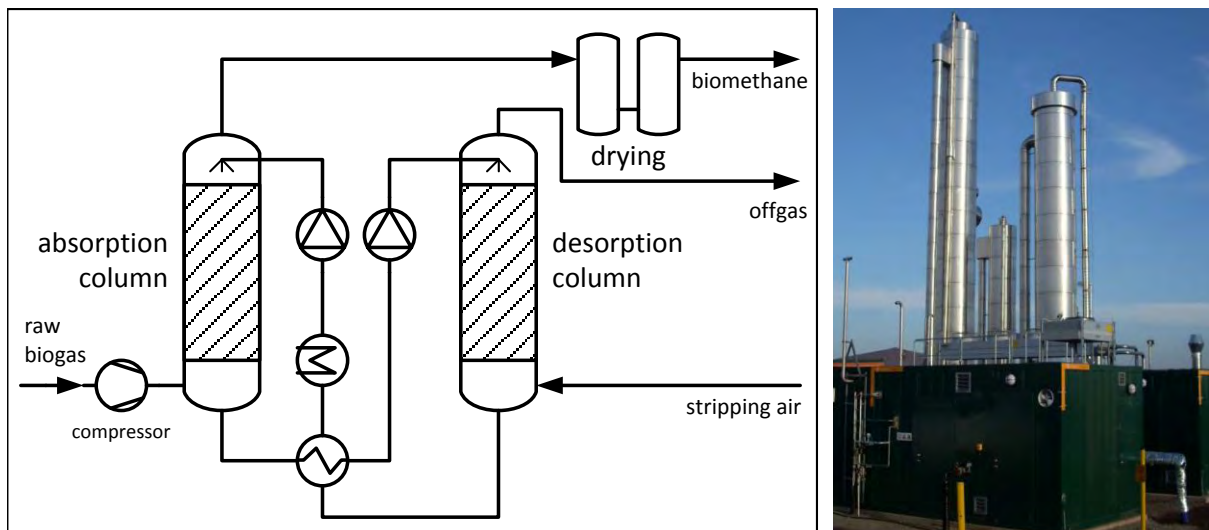
a. Absorption

Principen för separering med absorption bygger på att olika komponenter i en gas har olika löslighet i en flytande skrubberlösning. I skrubbern är biogasen i intensiv kontakt med en vätska i en kolonn som är packad med fyllkroppar av plast för att öka kontaktytan mellan gasfasen och vätskefasen. De komponenter som ska avlägsnas från biogasen (framför allt koldioxid) är mycket mer lösliga i vätskan som tillsätts och avlägsnas därför från gasflödet. Gasen som blir kvar blir alltmer metanrik, medan vätskan som avgår från kolonnen är rik på koldioxid. För att absorptionen ska fortsätta att fungera effektivt måste vätskan bytas ut eller regenereras i ett separat steg (desorption eller regenereringssteg). Det finns för närvarande tre olika uppgraderingstekniker som bygger på den här fysikaliska principen.

i. Fysikalisk absorption: vattenskrubber, tryckvattenabsorption

De komponenter som absorberas från gasen binds fysikaliskt till skrubbervätskan, i det här fallet vatten. Koldioxid har högre löslighet i vatten än i metan och kommer därför i högre grad att lösa sig i vattnet, speciellt vid lägre temperaturer och högre tryck. Inte bara koldioxiden, utan även svavelväte och ammoniak minskar i biometanflödet med vatten som skrubbervätska. Vattnet som strömmar ut från kolonnen är mättat med koldioxid och överförs till en flashtank där trycket reduceras abrupt och det mesta av den upplösta gasen avges. Metan är inte lika vattenlösligt som koldioxid, och den lilla mängden metan leds tillbaka till biogasens inlopp. Vatten som ska återvinnas till absorptionskolonnen måste regenereras och därför pumpas det till en desorptionskolonn där det möter en motström med restgas som den kvarvarande upplösta koldioxiden kan avges till. Det regenererade vattnet pumpas sedan tillbaka som färsk skrubbervätska till absorptionen.

Nackdelen med den här metoden är att luftens syre och kväve löses i vattnet under regenereringen och transporteras till flödet av uppgraderad gas. Biometan som producerats med den här tekniken innehåller därför alltid syre och kväve. Eftersom den biometan som strömmar ut är mättad med vatten är sista steget i uppgraderingen torkning av gasen, exempelvis med glykol.



Figur 4: Flödesschema för typisk uppgraderingsenhet för biogas med tryckvattenabsorption. Foto från vattenskrubbern vid uppgraderingsanläggningen Könnern, Tyskland, där kapaciteten för biogas är 1250 m³/h (Källa: Malmberg)

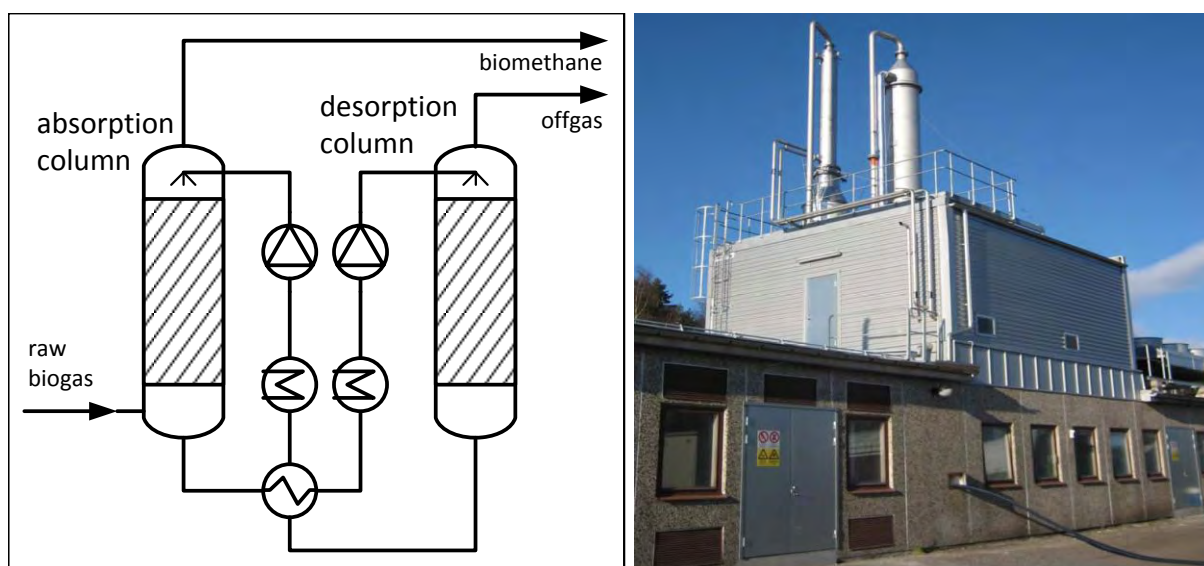
ii. Organisk fysikalisk absorption

Tekniken är mycket lik vattenskrubber men istället för vatten som skrubbervätska har man en lösning med organiskt lösningsmedel (t.ex. polyetylenglykol). Koldioxid har högre löslighet i sådana lösningsmedel än i vatten. Därför kan man ha en mindre mängd skrubbervätska som cirkulerar och mindre apparater för samma kapacitet biogas. Några exempel på kommersiellt tillgängliga tekniker för uppgradering av biogas som bygger på organisk fysikalisk absorption är Genosorb[®], Selexol[®], Sepasolv[®], Rektisol[®] och Purisol[®].

iii. Kemisk absorption: aminoskrubber

Kemisk absorption kan beskrivas som fysikalisk absorption av gaskomponenter i en skrubbervätska följt av en kemisk reaktion mellan flytande komponenter i skrubbern och gaskomponenter som mår absorberade i vätskefasen. Önskade gaskomponenter blir då mycket starkare bundna till skrubbervätskan och skrubbervätskans kapacitet flera gånger högre. Den kemiska reaktionen är starkt selektiv och mängden metan som också absorberas i vätskan är mycket låg vilket ger ett mycket högt metanutbyte och mycket lågt metanslip. Tack vare speciellt koldioxidens höga affinitet till de lösningsmedel som används (huvudsakligen vattenlösningar av mono-, di- och metyldietanolamin, MEA, DEA respektive MDEA) kan trycket hållas betydligt lägre i aminoskrubbar jämfört med i anläggningar med tryckvattenabsorption av motsvarande kapacitet.

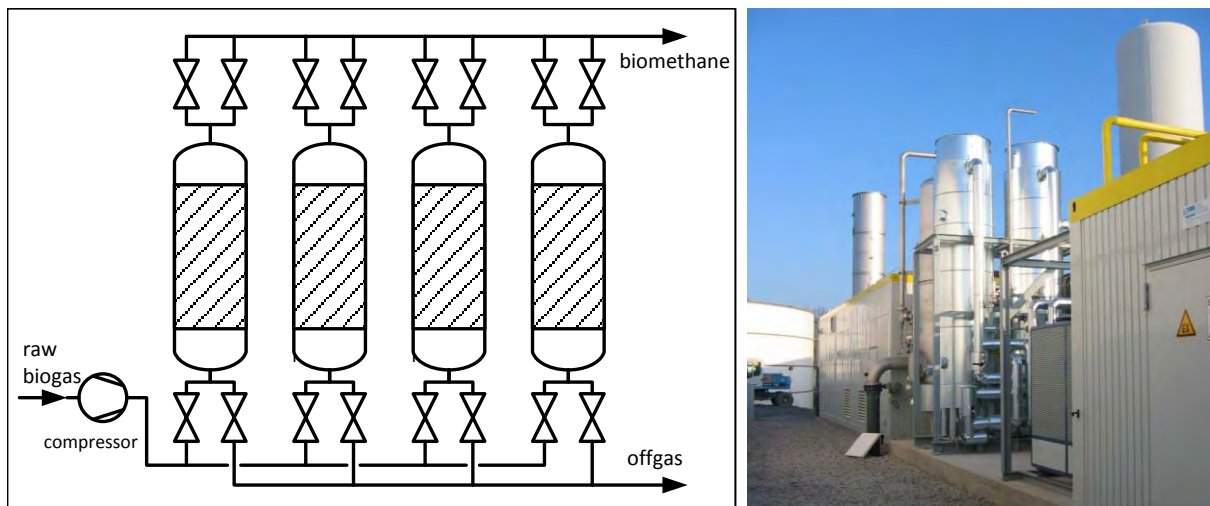
Anläggningar med aminoskrubber körs vid något förhöjt tryck som biogasen redan har, och ingen ytterligare komprimering behövs. Den höga kapaciteten och selektiviteten hos aminlösningen är visserligen en fördel vid absorptionen, men en nackdel vid regenerering av skrubberlösningen. Kemiska skrubbervätskor kräver att betydligt mer energi måste tillföras som processvärme vid regenereringen. Den mättade aminlösningen värms upp till cirka 160 °C, det mesta av koldioxiden avges och ett relativt rent restgasflöde lämnar regenereringskolonnen. Eftersom en liten del av skrubbervätskan avdunstar till biometanströmmen måste den fyllas på ofta. Även svavelväte kan absorberas från biogasen med kemisk absorption men då behövs högre temperaturer vid regenereringen. Det är bättre att avlägsna svavelväte före aminoskrubbern.



Figur 5: Flödesschema för typisk uppgraderingsenhet för biogas med aminoskrubber. Foto från uppgraderingsanläggning i Göteborg där kapaciteten för biogas är 1600 m³/h (Källa: Cirmac)

b. Adsorption: Pressure swing adsorption (PSA)

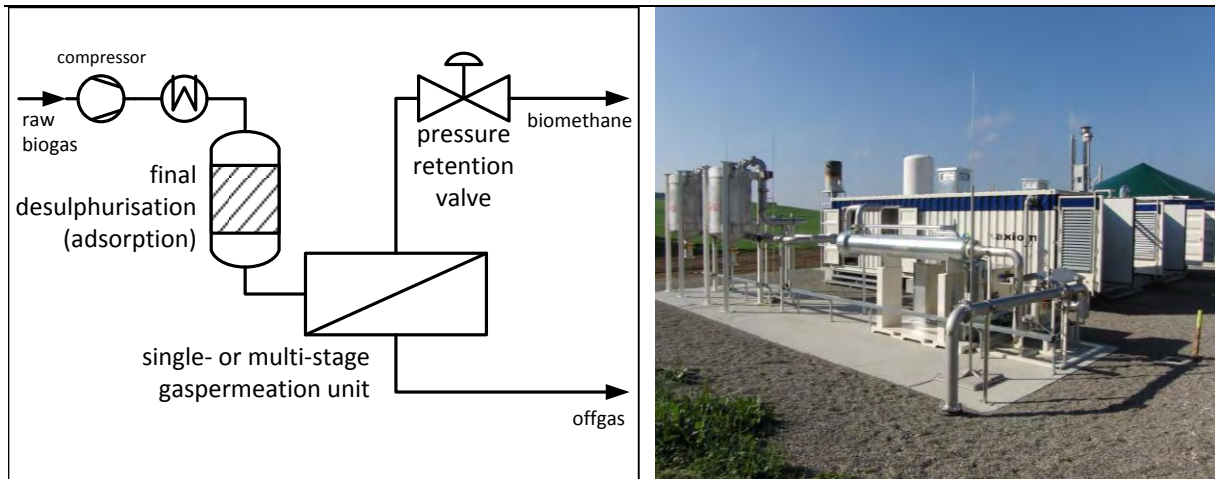
Separering av gas med adsorption bygger på att olika gaser adsorberas olika på en fast yta vid förhöjt tryck. Vanligtvis används olika typer av aktivt kol eller molekylsiktter (zeoliter) som adsorberande material. Dessa material adsorberar selektivt koldioxid från biogasen så att metan anrikas i den. Efter adsorptionen vid högt tryck regenereras den mättade adsorbenten genom att man stegvis minskar trycket och rensplar med rå biogas eller biometan. Under detta steg lämnar restgas adsorbenten. Sedan ökas trycket igen med biogas eller biometan och adsorbenten är redo för nästa omgång. Uppgraderingsanläggningar i industriell skala har fyra, sex eller nio adsorptionskolonner parallellt vid olika positioner för att få kontinuerlig drift i varje omgång. Under regenereringens dekomprimeringsfas ändras sammansättningen i restgasen när den metan som också adsorberats avges tidigare (vid högre tryck) och koldioxiden huvudsakligen desorberas vid lägre tryck. Därför brukar man leda tillbaka restgasen från dekomprimeringens första steg till biogasens inlopp för att minska metanslip. Restgas från regenereringens senare steg kan ledas till ett andra steg i adsorptionen, till behandlingsenheten för restgas, eller kan ventileras ut till atmosfären. Om vatten och svavelväte finns i gasen kan det skada adsorbentmaterialet irreversibelt (oåterkalleligt) och därför måste dessa komponenter avlägsnas före adsorptionskolonnen.



Figur 6: Flödesschema för typisk uppgraderingsenhet för biogas med Pressure Swing Adsorption. Foto från uppgraderingsanläggningen Mühlacker, Tyskland, där kapaciteten för biogas är 1000 m³/h (Källa: Schmack CARBOTECH)

c. Membranseparation

Membran för uppgradering av biogas är gjorda av material som släpper igenom koldioxid, vatten och ammoniak. Gaspermeabilitet är genomsläppligheten för en gas. Svavelväte, syre och kväve tränger igenom membranet i viss utsträckning och även metan passerar, men ytterst lite. Typiska membraner för uppgradering av biogas är gjorda av polymera material som polysulfon, polyimid eller polydimetylsiloxan. Dessa material har bra selektivitet för att separera metan och koldioxid, i kombination med rimlig robusthet mot komponenter som finns i små mängder i biogasen. För att få tillräcklig membranarea i en kompakt anläggning används membranerna i form av ihåliga fibrer som är kombinerade till ett antal parallella membranmoduler.



Figur 7: Flödesschema för en typisk uppgraderingsenhet för biogas som använder membranseparation baserad på gaspermeabilitet. Foto från uppgraderingsanläggningen Kisslegg, Tyskland, där kapaciteten för biogas är 500 m³/h (Källa: AXIOM Angewandte Prozesstechnik)

Efter komprimering till drifttrycket kyls biogasen ner för torkning och avskiljning av ammoniak. Efter återuppvärmning med överskottsvärme avskiljs kvarvarande svavelväte genom adsorption på järnoxid eller zinkoxid. Slutligen leds gasen till en enstegs- eller flerstegsenhet som bygger på genomsläpplighet för gaser. Antalet steg och koppling av membransteg bestäms av vilket metanutbyte man vill ha och det specifika energibehovet för komprimering, däremot inte av önskad biogaskvalitet. Moderna uppgraderingsanläggningar med mer komplex utformning kan ge mycket höga metanutbyten och har förhållandevis lågt energibehov. Man har även använt arrangemang med flera kompressorer och det har visat sig ekonomiskt fördelaktigt. Drifttryck och kompressorns hastighet kontrolleras för önskad kvantitet och kvalitet på biometan.

d. Jämförelse mellan olika tekniker för uppgradering av biogas

Det är svårt att göra en jämförelse mellan olika uppgraderingstekniker för biogas som gäller generellt, eftersom många av de viktiga parametrarna är starkt beroende av lokala förhållanden. Rent tekniska möjligheter med en viss teknik innebär inte alltid låga driftskostnader. Den tekniska utvecklingen för uppgraderingsmetoder uppfyller väl behoven hos de som ska driva anläggningarna, men det gäller också att hitta den mest ekonomiska metoden. Att göra en detaljerad analys av specifika kostnader för alla uppgraderingstekniker som är tillämpbara rekommenderas starkt. Ett verktyg som hjälper till med detta är den Biometankalkylator som utvecklats i projektet och kommer att uppdateras årligen. Den innehåller alla relevanta uppgraderingssteg och uppgraderingstekniker och ger möjlighet till en kvalificerad bedömning av produktionskostnader.

Tabellen nedan sammanfattar de viktigaste parametrarna för de uppgraderingstekniker som beskrivits här, för en typisk biogassammansättning. Vissa värden anger genomsnitt av befintliga uppgraderingsanläggningar eller verifierade data i litteraturen. Mars 2012 används som prisbas.

Membranteknik ger möjlighet att i stor utsträckning anpassa utförandet på anläggningen till lokala förhållanden genom att använda olika membrankonfigurationer, multipla membransteg och multipla kompressorer. Därför anges ofta intervall i tabellen, där den första siffran gäller för enklare utförande av anläggningen ("billigare" och med lågt metanutbyte) och den andra siffran gäller för en anläggning som utformats för att ge högt metanutbyte.

Parameter	Vatten-skrubber	Organisk fysikalisk skrubber	Amin-skrubber	PSA	Membran-teknik
typiskt metaninnehåll i biometan [vol%]	95,0–99,0	95,0–99,0	>99,0	95,0–99,0	95,0–99,0
metanutbyte [%]	98,0	96,0	99,96	98	80–99,5
metanslip [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20–0,5
typiskt levererat tryck [bar(g)]	4–8	4–8	0	4–7	4–7
behov av elenergi [kWh el/m ³ biometan]	0,46	0,49–0,67	0,27	0,46	0,25–0,43
värmebehov och temperaturnivå	-	medel 70–80°C	högt 120–160°C	-	-
krav på avsvavling	process-beroende	ja	ja	ja	ja
behov av förbrukningsmedel	medel mot påväxt, torkmedel	organiskt lösningsmedel (ofarligt)	aminlösning (giftig, korrosiv)	aktivt kol (ofarligt)	
partiell belastning [%]	50–100	50–100	50–100	85–115	50–105
antal referensanläggningar	högt	lågt	mellan	högt	lågt
typiska investeringskostnader [euro/(m ³ /h) biometan]					
för 100 m ³ /h biometan	10 100	9 500	9 500	10 400	7 300–7 600
för 250 m ³ /h biometan	5 500	5 000	5 000	5 400	4 700–4 900
för 500 m ³ /h biometan	3 500	3 500	3 500	3 700	3 500–3 700
typiska driftskostnader [cent/m ³ biometan]					
för 100 m ³ /h biometan	14,0	13,8	14,4	12,8	10,8–15,8
för 250 m ³ /h biometan	10,3	10,2	12,0	10,1	7,7–11,6
för 500 m ³ /h biometan	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5–10,1

e. Avskiljning av ämnen i låga halter: vatten, ammoniak, siloxaner, partiklar

Biogasen som lämnar röt-kammaren är mättad med vattenånga. Vattnet tenderar att kondensera i apparater och rörledningar och kan tillsammans med svaveloxid orsaka korrosion. Genom att öka trycket och minska temperaturen kondenserar vattnet och kan avlägsnas från biogasen. Kylningen kan ske med omgivningstemperaturen (luft, jord) eller med el (nedfrysning). Man kan även ta bort vatten genom skrubbing med glykol eller adsorption på silikater, aktivt kol eller molekylsifter (zeoliter).

Ammoniak brukar avskiljas när biogasen torkar genom kylning eftersom den har hög löslighet i vatten. Flertalet tekniker för koldioxidavskiljning är också selektiva för avskiljning av ammoniak. Därför brukar man inte behöva ett separat reningssteg.

Siloxaner används i produkter som deodoranter och schampo, och därför hittar man dem också i biogas från avloppsreningsverk och i deponigas. De kan skapa allvarliga problem när de förbränns i gasmotorer och förbränningsanläggningar. Siloxaner kan avskiljas antingen genom att kyla gasen, genom adsorption på aktivt kol, aktivt aluminium eller kiselgel eller med absorption i flytande blandningar av kolväten.

Partiklar och droppar som kan finnas i biogas och deponigas kan orsaka mekanisk nötning i gasmotorer, turbiner och rörledningar. Partiklar kan separeras från biogasen med fina mekaniska filter (0,01 µm–1 µm).

5. Avskiljning av metan från restgas

Som redan nämnts innehåller restgas från uppgraderingen fortfarande en viss mängd metan beroende på vilken separeringsteknik som använts. Metan är en mycket kraftig växthusgas. För att produktionen av biometan ska vara hållbar är det ytterst viktigt att minimera utsläppen av metan till atmosfären. I de flesta länder är utsläpp av metan från biogasproduktionsanläggningar begränsade. Större mängder metan i restgasen ökar uppgraderingskostnaderna och kan vara ett hinder för god ekonomi. Det är dock inte så enkelt som att välja uppgraderingsteknik som ger ett högt metanutbyte eftersom det alltid ökar investerings- och driftskostnaderna. För att få god ekonomi måste man göra en avvägning och acceptera att en viss mängd metan finns kvar i restgasen, och sedan behandla den innan den ventileras ut i atmosfären.

De vanligaste sätten att avlägsna metan från restgasen är oxidation (förbränning) och värmeproduktion. Värmen kan användas till röttningsanläggningen, matas in på fjärrvärmenätet eller kylas bort. En annan möjlighet är att blanda restgasen med biogas och leda in i gasmotorn för produktion av kraftvärme. Vilket sätt man än väljer ska anläggningen planeras noga eftersom restgas från en modern uppgraderingsanläggning sällan innehåller tillräckligt med metan för att underhålla en flamma som facklar av gasen utan tillsats av naturgas eller biogas.

Ett annat alternativ är att oxidera metan i restgasen med brännare med låg värmeavgivning eller katalytisk förbränning. Flera tillverkare erbjuder redan användbara tekniker kommersiellt. De ger en stabil förbränning även vid så låga metanhalter som 3 % i gasen som ska förbrännas (förbränningsluften inräknad). Behandling av restgas med lägre metanhalter blir svårare ju lägre halten är eftersom förbränningen av gasen då inte ger tillräckligt med energi och biogas eller biometan måste tillsättas för att få en stabil oxidation. Det är orsaken till att en uppgraderingsteknik med så högt metanutbyte som möjligt inte nödvändigtvis är det bästa valet eftersom man ändå alltid måste ta hand om restgasen. Det är mycket viktigare att se på anläggningen för biometanproduktion som en helhet och integrera uppgraderingsanläggningen i den. Inte ens alla uppgraderingstekniker med högt metanutbyte ger en restgas som det är tillåtet att ventileras direkt ut till atmosfären.

6. Källor

"Abschlussbericht Verbundprojekt Biogaseinspeisung, Band 4"

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

Urban, Lohmann, Girod; Germany, 2009

www.umsicht.fraunhofer.de

"Biogas upgrading technologies - developments and innovations"

IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas

Peterson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2009

www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection"

IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas

Persson, Jönsson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006

www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading and utilisation"

IEA Bioenergy Task 24 - Energy from biological conversion of organic waste

Lindberg, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006

www.iea-biogas.net

"Techniques for transformation of biogas to biomethane"

Biomass and Bioenergy 35 (2011) 1633-1645

Ryckebosch, Drouillon, Vervaeren; 2011

www.journals.elsevier.com/biomass-and-bioenergy

"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

"Chemical-oxidative scrubbing for the removal of hydrogen sulphide from raw biogas: potentials and economics"

Water Science and Technology (2012) to be published

Miltner, Makaruk, Krischan, Harasek; 2012

www.iwaponline.com/wst/default.htm



GODA EXEMPEL PÅ ANLÄGGNINGAR FÖR BIOGASPRODUCTION

EMMERTSBÜHL BIOGASANLÄGGNING, TYSKLAND

ZALAVÍZ AVLOPPSRENINGSVÄRK, UNGERN

BRUCK/LEITHA BIOGASANLÄGGNING, ÖSTERRIKE



Dokumentet har tagits fram av Severn Wye Energy Agency i projektet Biomethane Regions.
 Stort tack till alla projektpartner som hjälpt till att sammanställa informationen.

Författare

Tim Patterson, Sandra Esteves, Universitetet i Glamorgan	UoG	UK
Annegret Wolf, Heinz Kastenholz, Andreas Lotz, Affärsutvecklingsbolag Schwäbisch Hall	WFG	DE
Martin Miltner, Michael Harasek, Wiens Tekniska Högskola	TUV-ICE	AU

Övriga partner i projektet Biomethane Regions:



Friskrivningsklausul

De goda exemplen innehåller information direkt från företagen som ej kan verifieras. Omnämning av kommersiella produkter, deras ursprung och användning i det här sammanhanget ska inte tolkas som verkligt eller underförstått stöd till tekniken eller tjänsterna. Alla fotografier och bilder används med anläggningens eller företagets tillstånd. Informationen i den här publikationen har lämnats i god tro och partner i Bio-methane Regions uttrycker inget om dess riktighet eller innehåll. Partner i Bio-methane Regions är inte ansvariga, så långt lagen medger, för några kostnader eller förluster inklusive indirekt skada, följdskada eller liknande skada eller förlust som direkt eller indirekt uppkommer som resultat av att man använder publikationen eller informationen i den.

Fallstudierna har gjorts efter undersökningar och besök på anläggningarna under åren 2011–2012 och information gäller därför endast för driftförhållanden vid tiden för besöket. Några anläggningar kan nu köras under andra driftförhållanden än de som anges i fallstudierna.

Författarna har ensam ansvar för innehållet i denna publikation. Den företräder inte nödvändigtvis Europeiska gemenskapens åsikter. EACI och Europeiska kommissionen ansvarar inte för någon form av användning av informationen som finns i rapporten.

EMMERTSBÜHL BIOGAS/BIOMETANANLÄGGNING, TYSKLAND

INLEDNING/ÖVERSIKT

Biogasanläggningen ligger intill odlad mark i byn Emmertsbühl som ligger cirka 120 km nordost om Stuttgart i regionen Baden-Württemberg i södra Tyskland. Lantbrukaren och operatören som driver biogasanläggningen började 2005 producera biogas med vete som huvudsaklig råvara. Biogasen användes i en kraftvärmeanläggning men det fanns ingen lokal avsättning för överskottsvärmen. 2008 började de undersöka alternativen för att utvidga anläggningen och få avsättning för biogasen utanför gården. I samarbete med energibolaget EnBW Vertrieb GmbH tog operatören fram en plan för att bygga ut och få en tillräckligt stor biogasproduktion för att kunna uppgradera biogasen till biometan och injicera den i det lokala gasnätet. Det nya var att använda lågtrycksnätet som injiceringspunkt för överskottsgasen till nätet med medelhögt tryck.

BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

Råvaran till den anaeroba rötningen odlas på den 500 hektar stora gården. Den viktigaste råvaran är ensilerad majs (hela plantan) och vete samt en liten del gräsensilage. Av gårdens mark används 70 hektar för odling av höstveten och majs, som delvis är råvara till rötningen. Total produktion av råvara är cirka 20 000 ton ensilage per år.

Förbehandling

Före lagring hackas materialet till cirka 10 millimeters storlek. Det lagras i täckt planlager på gården. Varje dag fylls den automatiska matningsanläggningen som förser röttkamrarna med råmaterial på med 50 ton av materialet. Avrinningen från planlagret och rötningsanläggningen samlas upp i en nergrävd betongtank som levererar allt processvatten som behövs.



Planlagring av ensilerad majs, höstveten och gräs



Automatisk matning av fast material

Anaerob rötning

Rötningsanläggningen har utvecklats sedan starten 2005 och omfattar nu flera tankar av varierande utformning och volym. Den ursprungliga anläggningen 2005 konstruerades av Lipp GmbH och är av rostfritt stål med dubbel skarv. Ytterligare en tank, av betong, levererades av Novatech GmbH. 2010 utvidgade operatören anläggningen med fler röttkammare och betongtankar för lagring av rötrest.

Den anaeroba rötningsanläggningen består för närvarande av två primära röttkammare, 1 600 m³ och 1 200 m³. De är av betong, den ena konstruerades 2010 av anläggningens operatör, och den andra av Novatech GmbH. För att minska höjden och värmeförluster från tanken är båda nergrävda cirka 2 meter under marknivå. Det nyare kärlet har ett dubbelmembrantak som fungerar som gaslager. Rötningen sker i bägge röttkamrarna vid 40–45 °C och med mekanisk blandning. Mikronäringsämnen,

till exempel kobolt, mangan och selen, tillsätts dagligen till rötkamrarna. Järnsalter tillsätts för att fälla ut svavlet och minska biogasens svavelvätehalt (H_2S).

Efter de primära rötkamrarna kommer sekundära ($1\,100\text{ m}^3$ och $1\,000\text{ m}^3$) som även de värms upp till $37\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$ och blandas mekaniskt. De ursprungliga tankarna från Lipp GmbH används nu som sekundära rötkammare.



Tre utvecklingsfaser av rötkammare: (i) Bak till vänster, Lipp GmbH, (ii) fram, självkonstruerad, (iii) bak i mitten till höger, Novatech GmbH



Separering av den fasta rötresten

Rötrest

Från de sekundära rötkamrarna förs materialet vidare till två lagringstankar för rötrest av betong, $2\,000\text{ m}^3$ respektive $2\,600\text{ m}^3$, som byggdes 2010. De är inte uppvärmda men har flexibelt dubbelmembrantak för gaslagring. Uppskattningsvis 2–3 % av den totala biogasproduktionen produceras i dessa lagringstankar. Uppehållstiden i hela systemet (primär rötkammar – sekundär rötkammare – lagring av rötrest) är cirka 130 dagar.

Den blandade rötresten separeras i fast respektive flytande fraktion. Den flytande fraktionen lagras på platsen i en täckt tank innan den används som gödning på gårdens åkrar. Den fasta rötresten säljs till närliggande lantbruk där den används som jordförbättring.

Produktion och användning av biogas

Den anaeroba rötningsanläggningen producerar cirka 500 m^3 biogas per år med en metanhalt på cirka 52–54 %. Biogasen från den första anläggningen från 2005 användes för att producera el i två kraftvärmeanläggningar ($170\text{ kW}_{\text{el}}$ och $250\text{ kW}_{\text{el}}$), medan värmen bara utnyttjades för att värma de egna rötkamrarna. För att nyttiggöra mesta möjliga av biogasen byggde man därför en uppgraderingsanläggning. Kraftvärmeanläggningen finns kvar och kan användas när uppgraderingsanläggningen är ur drift, till exempel för underhåll och reparation.

Uppgraderingsanläggningen utvecklades och drivs av EnBW Vertrieb GmbH. Företagen har tecknat ett avtal med rötningsanläggningens operatör som förser den med en specificerad kvantitet och kvalitet biogas till överenskommet pris. Leveransen sköttes av Schmack Carbotech GmbH.



En av de två kraftvärmeanläggningar som installerades från början men numera enbart används som reserv



Hela uppgraderingsanläggningen från 2010

Rå biogas kommer in i uppgraderingsanläggningen till ett 3 m³ stort lagringskärl, några millibar under atmosförstrycket. Biogasen komprimeras till 6 bar och temperaturen stiger till 86 °C. Gasen kyls från 86 °C till 46 °C i tubvärmväxlare. I ett andra steg kyles en vattenkyld värmväxlare biogasen från 46 °C till 23 °C innan nästa värmväxlare fylld med kylmedel kyles gasen från 23 °C till 6 °C och producerar en torkad biogas. Sedan värms den torkade biogasen till cirka 46 °C motströms i den första värmväxlaren.

Härifrån passerar den torkade biogasen genom ett filter med aktivt kol för att avlägsna svavelväte vid tryck cirka 5 bar. Svavelvätet fälls ut som rent svavel i filtret och uppskattningsvis behöver filtret bytas ut vartannat år. För att maximera filtrets effektivitet tillsätts en liten volym luft till gasblandningen (cirka 300 liter per timme).

Efter avsvavlingen reduceras gasens temperatur åter till 26 °C som har visat sig vara den optimala drifttemperaturen för den teknik som används för att separera koldioxid (CO₂) och metan (CH₄), Pressure Swing Absorption (PSA). Anläggningen har 6 PSA-enheter där koldioxiden fastnar på aktivt kol i molekylsikten (Carbotech AC GmbH). Gasen kommer in i botten av en kolonn och komprimeras till strax över 5 bar. CH₄-molekyler passerar igenom molekylsikten och en gas med hög metanhalt lämnar kolonnens topp. CO₂-molekylerna hålls kvar i molekylsikten tills trycket sänks och en gas med hög koldioxidhalt avges i kolonnens botten. Anläggningen har sex enheter som arbetar två och två i par. Två trycksätter, två arbetar vid fullt tryck och producerar biometan och två sänker trycket och producerar en koldioxidrik restgas. Det ger en kontinuerlig produktion av biogas. Cykeln ökat tryck – produktion – minskat tryck tar 230 sekunder. Produktgasens metanhalt övervakas så att den kan köras en gång till genom PSA-enheten om den är för låg. Anläggningen har kapacitet att producera maximalt 320 m³ biometan/timme med 98 % metanhalt. För närvarande begränsas anläggningens produktion av rötningsanläggningens kapacitet (500 m³ per timme rågas).

Biometan lagras i en bufferttank vid 4,2 bar. Gasen odöriseras. Kvaliteten bestäms med gaskromatograf (halter av CH₄, CO₂, H₂S, H₂ och O₂), dessutom mäts volymen biogas som lämnar anläggningen.

Biogasen injiceras i det lokala lågtrycksnätet (500 till 800 millibar), som ägs och drivs av EnBW Gasnetz GmbH och förser 300 kunder med gas, både hushåll och industrier. Avståndet till lågtrycksnätet är 800 meter. Kunderna köper gas mätt i volym i kombination med värmevärdet (värmevärdet mäts var 3:e minut och sedan beräknas ett genomsnitt för månaden). Naturgas som injiceras i nätet har värmevärdet 11,3 kWh/m³ jämfört med biogasens högst 10,85 kWh/m³. Därför tillsätts en liten

volym luft till naturgas som injiceras i lågtrycksnätet för att sänka värmeverdet till 10,85 kWh/m³. Det vanliga i Tyskland är annars att öka biogasens värmeverde till naturgasens genom att tillsätta flytande fossil gas (gasol). I Emmertsbühl sänker man i stället naturgasens värmeverde för att spara in gasolkostnaden.

En stor del av gasen i lågtrycksnätet används av några få industrier. När deras behov minskar, (avsevärt lägre behov under helgerna) har lågtrycksnätet inte tillräcklig kapacitet för att ta emot all gas från anläggningen i Emmertsbühl. Då vänds gasflödet till kopplingen mellan näten med lågt respektive medelhögt tryck (40 bar). Där finns en anläggning som komprimerar gasen till 40 bar och där gasol tillsätts för öka gasens värmeverde innan den går till nätet med medelhögt tryck.



Bufferttank för rågas (till vänster fram), två filter med aktivt kol (i mitten till höger), lagringstank för biometan (till höger bak)



Sex PSA-kolonner separerar CH₄ och CO₂

Det finns möjlighet till avfackling om gasen inte kan injiceras i gasnätet. Dessutom kan, som vi redan nämnt, biogasen användas till egen kraftvärmeproduktion av el och värme när uppgraderingsanläggningen inte är tillgänglig, som vid underhåll etc.

I den konventionella modellen injiceras biometan direkt in vid 40 bar för att inte överskrida lågtrycksnätets kapacitet. Fördelarna med den här modellen är följande:

1. Behovet av ny rörledning minskade till 800 meter, medan en ny anslutning till nätet med medelhögt tryck skulle behövt 5 kilometer ny rörledning.
2. Kostnader för kompression minskar kraftigt. Den mesta gasen tillsätts lågtrycksnätet vid 500–800 millibar och det är bara vid helger som gasen måste komprimeras till 40 bar.
3. Gasoltillsats minskar eftersom den mesta gasen används i lågtrycksnätet där värmeverdet är lägre. Det är bara gas som injiceras i nätet med medelhögt tryck som behöver tillsats av gasol för att nå upp till naturgasens värmeverde.

Det här innebär att uppgraderingsanläggningar för förnybar gas kan placeras där det tidigare ansetts som mindre lämpligt eftersom det lokala gasnätet har begränsad kapacitet.

Behandling av utsläpp (vatten, avloppsvatten, frånluft)

Den koldioxidrika gasen från PSA-anläggningen innehåller fortfarande cirka 2–4 % metan och kan inte släppas ut direkt till omgivningen. I Emmertsbühl för en vakuumpump gasen till en liten lagringsbehållare där den komprimeras för att sedan förbrännas i en specialdesignad brännare för gaser med lågt värmevärde (eflox GmbH). För att få en stabil flamma tillsätts komprimerad luft och en liten mängd rågas. Förbränningen ger cirka 115 kW värme, varav 100 kW värmer rötkamrarna och 15 kW går till annan uppvärmning. Rökgasen renas med katalytisk oxidation.

Lokal påverkan/visuell störning

Inga visuella störningar har beskrivits. Det mesta på anläggningen finns i ISO-containerer av stål.

ENERGIANVÄNDNING, KOSTNADER OCH EKONOMI**Energibalans**

Elbehov, rötkammaren	Okänt
Elbehov, uppgraderingsanläggningen	cirka 105–115 kW
Elproduktion, kraftvärme (enbart reserv)	420 kW
Värmehov, rötkammaren	110 kW
Värmehov, uppgraderingsanläggningen	Inget
Värmeproduktion, förbränning av restgas	150 kW

Kostnader och ekonomi

Uppgraderingsanläggningen och utformningen av nätinjiceringen är möjlig tack vare dels de juridiska kraven på energibolagen att leverera förnybar energi till sina kunder, dels struktur och reglering av den tyska energibranschen.

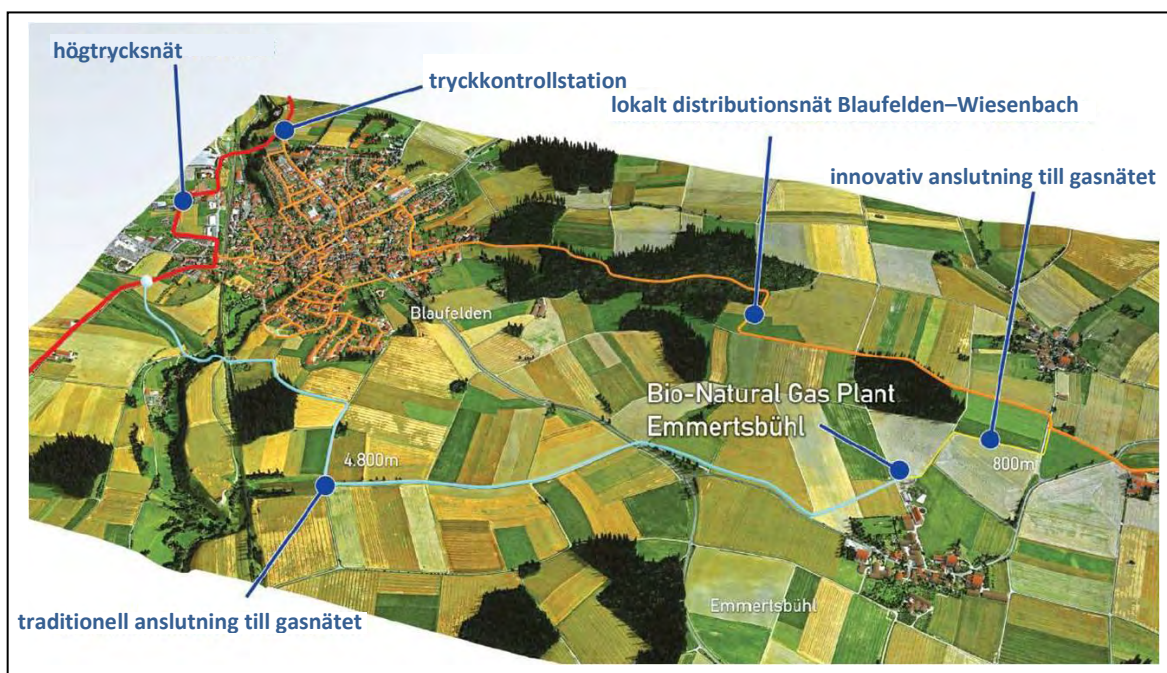
När EnBW Vertrieb GmbH började utveckla uppgraderingsanläggningen för biogas måste de förhandla med biogasproducenten om att förse anläggningen med garanterad volym och kvantitet rågas varje år. Det innebär ett 20-årskontrakt på 20–24 miljoner kWh/år (3 600 000 m³ rågas).

Biogasanläggningens operatör måste försäkra sig om att få rätt pris för producerad gas eftersom han i sin tur måste betala för vad det kostar att producera råvara (ensilerad majs, höstvet och gräs), samt kapitalkostnader för utvidgning av anläggningen.

Därefter fick de som utvecklade uppgraderingsanläggningen förhandla med gasnätets ägare och operatör (EnBW Gasnetz GmbH) för att fastställa den optimala modellen för injicering i gasnätet. I det här fallet måste gasnätets operatör även ta kostnaden för ytterligare komprimering och justering av värmevärdet vid övergången från lågtrycksnätet till nätet med medelhögt tryck, uppskattad kapitalkostnad 1,8 miljoner euro. Det fick vägas mot alternativet att anlägga en 5 km lång rörledning direkt till nätet med medelhögt tryck, i stället för 800 meter till anslutningen till lågtrycksnätet.

Först sedan dessa överenskommelser var på plats kunde uppgraderingsanläggningen upphandlas. Investeringskostnaderna uppgick till 3 miljoner euro, byggnader och grundläggningsarbeten inräknat.

Den som anlägger uppgraderingsanläggningen måste också försäkra sig om att marknaden betalar ett rimligt pris för den biometan som produceras. Det finns inga direkta stöd för injicering av biometan till gasnätet i Tyskland, och därför måste kunderna betala alla kostnader. I Tyskland är det bara el producerad av förnybara energikällor (t.ex. sol, vatten, vind och biomassa inkl. biogas) som kan få stöd. I det här fallet används merparten biometan av några få industrier för att producera el och värme. Industrierna får stöd utbetalt för den el de matar in på elnätet. Värmen använder de till sina egna produktionsprocesser.



Plan över nätanslutning, anläggningen i Emmertsbühl Källa: J. Darocha, EnBW Vertrieb GmbH, april 2012

Operatören har uppskattat produktionskostnaden för biometan i Tyskland till (april 2012):

kostnad för rågas	5,0–6,5 eurocent/kWh
kostnad för uppgradering	1,0–1,8 eurocent/kWh
total kostnad för biometan	6,0–8,3 eurocent/kWh

Det kan jämföras med priset för importerad naturgas, 2,73 eurocent/kWh (exkl. skatter, vinst etc.). Slutpriset är enligt den här uppskattningen dubbelt så högt för biometan som för naturgas.

Kunderna köper inte fysiskt just den gas som producerats i Emmertsbühl när de köper grön gas. Energimyndigheten i Tyskland garanterar att det är balans mellan injicerad och såld biometan. Kunderna kan välja att köpa biometan för ett visst värde eller en viss procentandel av sin gasförbrukning. En kund som vill ersätta exempelvis 30 % av sin totala gasförbrukning med biometan kan köpa en gas som består av 30 % biometan och 70 % vanlig naturgas av EnBW Vertrieb GmbH.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Fallstudien visar att tekniken för biogasproduktion och uppgradering till biometan finns. Med över 70 uppgraderingsanläggningar bara i Tyskland (april 2012) är det inget nytt, även om de flesta hittills har varit anslutna till större rötningsanläggningar med bra tillgång till gasnät och bättre ekonomi.

Något viktigt som fallstudien belyser är hur förhandlingar mellan flera parter, med stöd i juridiska ramar och regelverk som tillåter viss flexibilitet, har möjliggjort utvecklingen av en innovativ utformning där gasflödet i ett lokalt nät med lågt tryck när behovet där är lågt kan vändas om och gå in i gasnätet med medelhögt tryck. Den visar också att detta är ekonomiskt genomförbart med rimliga kostnader för slutkund och rimlig återbetalningstid för investerarna. Det öppnar för utveckling av nya anläggningar på platser som tidigare setts som inte tillräckligt gynnsamma.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Författarna tackar anläggningsägare och operatörer inklusive EnBW Vertrieb GmbH för tillgång till anläggningen och för all information de delat med sig av till den här fallstudien.

ZALAVÍZ AVLOPPSRENINGSVRK, UNGERN

INLEDNING/ÖVERSIKT

Biogasanläggningen ligger vid avloppsreningsverket som tar hand om avloppsvattnet från Zalaegerszeg, en stort tätbebyggt område i sydvästra Ungern. Avloppsverket upptar en yta på cirka 1 hektar och har en trestegs-Phoredox eller A2/O (Anaerobic/Anoxic/Oxic) aktivslamprocess för reduktion av fosfor och kväve. Det liknar ett konventionellt aktivslamsystem med ett anaerobt steg följt av ett anoxiskt steg. De anaeroba röt-kammarna beställdes i december 2009 och installerades för att behandla överskottet av aktivt slam. Avloppsreningsverket med röttningsanläggningen utformades av UTB Envirotech Company Ltd och konstruerades av Ökoprotech Ltd. Där behandlas 50 000–60 000 m³ överskottsslam (aktivt) från anläggningen samt avloppsslam från andra avloppsverk i närområdet.

Biogasen som produceras kan användas för att producera el och värme (med kraftvärme från gasmotorer) eller kan uppgraderas för att producera drivmedel till biogasfordon. Uppgraderingsanläggningen beställdes 2010 och använder vattenskrubbteknik från DMT Enviromental Technology i Holland. Lokala leveranser sköts av Ökoprotech Ltd. Tekniken för tankning kommer från Fornovogas, Italien. Tanken bakom att utveckla uppgraderingsanläggningen var att minska mängden föroreningar i rågasen för att därigenom förlänga gasmotorernas livslängd. Installation av uppgraderingsenheten gjorde också att man kunde utöka användningsområdena till att omfatta även fordonsgas. Uppgraderingsanläggningen och biogasmacken upptar en yta på 500 m².

BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

Den anaeroba röttningsanläggningen dimensionerades för att årligen kunna behandla cirka 50 000–60 000 ton överskottsslam från aktivslamprocessen och vanligt slam från både det egna avloppsverket och andra inom en radie av högst 30 kilometer.

Varje vecka tar man två prover på råmaterialet (substratet) och skickar för analys av torrsustanshalt (TS), glödförlust för beräkning av organiskt innehåll (VS), totalhalt av kolhydrater, fetter respektive proteiner, innehåll av tungmetaller och lättmetalljoner. Analysen sker enligt lokal standard (MSZ 318-3 :1979, Ungern).

Förbehandling

Anläggningen har inte utrymme att lagra råmaterialet på plats. Den slam man själv producerar och köper in matas direkt in i processen utan förbehandling.

Anaerob rötning

Den anaeroba röttningsanläggningen består av två röt-kammare av stålbetong isolerade med 15 cm polystyren och täckta av väderskyddande material. Röt-kammarna är på vardera 1 460 m³, den totala röt-kammarvolymen är 2 920 m³. Den mesofila röttningsprocessen sker vid 36–38 °C. Värmeförluster från anläggningens gasmotorer och pannor används som processvärme och tillförs via värmeväxlare slam/vatten. Innehållet i röt-kammarna rörs om mekaniskt med Scaba omrörare och motorer i taket. Slammet blandas även genom recirkulation.

Avloppsslammet som går in i röt-kammaren har en torrsustanshalt på cirka 5 % (med 70 % organiskt innehåll) och processen har en hydraulisk uppehållstid på 20 dagar. Slam matas kontinuerligt in i röt-kammarna med en Archimedes-skrupump.

Förjande data samlas in för att följa röttningsprocessen:

Parameter	Frekvens	Prov-tagning	Metod	Plats	Svar
Temperatur	Kontinuerligt	Online	-	Anläggningen	Direkt
pH	Kontinuerligt	Online	-	Anläggningen	Direkt
Torrsubstanshalt	Varje vecka	Manuell	MSZ 318-3 :1979 (Ungern)	Laboratorium	En månad
Organisk belastning (kg VS/m ³ , dygn)	Varje vecka	Manuell	MSZ 318-3 :1979 (Ungern)	Laboratorium	En månad
Lättflyktiga fettsyror (VFA)	Varje vecka	Manuell	MX-7:2008 (Ungern)	Laboratorium	En vecka

Rötrest

På anläggningen finns en 500 m³ tank för lagring av rötrest. Rötat slam innehåller 3,8 % torrsubstans och rörs om i lagringstanken för att förhindra sedimentering. Lagring av rötrest omfattar inte uppsamling av resterande biogas.

Rötresten separeras till en fast och en flytande fraktion och avvattnas sedan i en slamcentrifug tillverkad av Alfa-Laval. Den flytande fraktionen uppgår till 35 000–40 000 m³/år och den fasta fraktionen till 8 000–10 000 ton/år med cirka 20 % torrsubstanshalt.

Den fasta fraktionen transporteras i 9 m³ lastbilar, cirka 2–3 gånger om dagen, till ett lager 5 kilometer bort. Den sprids på jordbruksmark för odling av fodergrödor (enligt ungersk lagstiftning 50/2001 (IV.3) Government Regulation, Hungary). Lantbrukare har rapporterat 30–40 % ökad skörd jämfört med när de odlar med konstgödsel.

Den flytande fraktionen innehåller mycket ammonium och kan inte tas om hand direkt i avloppsverket. För att få ner det till en acceptabel nivå använder man DEMON-processen (DEamMONification) för att omvandla ammonium till kväve som avges. Kapaciteten i anläggningen från 2010 är 160 m³/dygn, motsvarande cirka 160 kg/dygn NH₄ till kväve. Processen använder en biologisk denitrifikationsprocess i flera steg som utvecklats vid Universitetet i Innsbruck. I första steget oxiderar bakterier en del av ammoniumet till nitrit. En annan grupp bakterier oxiderar sedan resten av ammoniumet tillsammans med nitriten till kvävgas som avges. Denitrifikationen av rötresten minskar ammoniumkoncentrationen från 800–1000 mg/l till cirka 100 mg/l så att sedan 150 m³ av rötresten kan återcirkuleras tillbaka till processen.

Följande parametrar analyseras i rötresten:

Parameter	Frekvens	Prov-tagning	Metod	Plats	Svar
Näringsämnen och spårämnen, g/kg TS (N, P, S, Fe, Co, Ni, Mo, Se, Cr, Pb, Mg, Mn)	3 gånger/år	Manuell	MSZ	Laboratorium	En vecka
N/kg FM rötrest	Varje vecka	Manuell	MSZ 318 (Ungern)	Laboratorium	En månad
Lättflyktiga fettsyror (VFA)	Varannan vecka	Manuell	MX-7:2008*	Laboratorium	En månad

* Observera: MX-7:2008 är en specifik metod för anläggningen, ackrediterad av dess laboratorium.

Produktion och användning av biogas

Biogasproduktionen från rötningen är cirka 1 000–1 200 m³/dygn. Den kan användas för el- och värmeproduktion eller uppgraderas och utnyttjas som fordonsbränsle. Produktionen motsvarar bara 30 % av röttningsanläggningens totala kapacitet, eftersom mindre volym avloppsvatten än väntat passerar avloppsverket och därför mängden delvis stabiliserat slam till rötkamrarna blir mindre.

Rå biogas som innehåller 68,94 % metan, 31,02 % koldioxid och 0,4 % kväve lagras vid anläggningen i en 1 000 m³ gasklocka (tillverkad av Sattler). Biogasen torkas och komprimeras till cirka 60 bar innan den används.

Elproduktionen är 1 200–1 700 kWh/dygn.

Uppgradering av biogas omfattar två processer. Först reduceras svavelvätet med adsorption på aktivt kol från 75 mg/m³ till <1,5 mg/m³. Det aktiva kolet har inte behövt bytas ut sedan anläggningen togs i drift 2010.



Biogasuppgraderingsenhet i ISO-container av stål Lager för biometan i gasflaskor, 200 bar

Sedan avlägsnas koldioxiden från gasströmmen med tryckvattenabsorption eller vattenskrubber (bilden ovan till vänster) från DMT Enviromental Technology, Holland, som levererats av Ökoprotec Ltd. Vattenskrubbers kapacitet är 50 Nm³/h. Processvattnet recirkuleras för att minimera vattenförbrukningen, som 2011 var 60 m³. Efter uppgradering består biogasen av 99,15 % metan och 0,85 % koldioxid. Biometanproduktionen är 15–20 kg om dagen, ungefär 1,5–2 % av vad anläggningen kan producera totalt. Den uppgraderade biogasen komprimeras till 200 bar och lagras på plats i 25 stycken 80-liters gasflaskor (bilden ovan till höger). Infrastruktur för snabb tankning kommer från italienska Fornovogas (bilden nedan till vänster). Anläggningen styrs av ett webscada-baserat styrsystem med grafiskt användargränssnitt (bilden nedan till höger). Uppgradering och tankningsmöjligheter täcker behovet för 10 naturgasfordon typ CNG (cirka 30 m³/dygn). Metanläckaget (metanslip) från uppgraderingen är cirka 0,1 %.



Tankstation för biometan



Webcada styrning, gränssnitt

Det höga trycket i gaslagret gör att anläggningen måste utformas som ett explosionsskyddat område och man måste följa gällande regelverk i Ungern (District Mines Inspectorate and the Hungarian Trade Licensing Office's Regulations).

Behandling av utsläpp (vatten, avloppsvatten, frånluft)

Behandlingen av rötrestens flytande fraktion har beskrivits ovan. I övrigt krävs ingen utsläppsrening vid anläggningen.

Lokal påverkan/visuell störning

Ingen visuell störning av anläggningen finns beskriven. Lägg märke till att många av anläggningens delar är placerade i ISO-containerar av stål.

ENERGIANVÄNDNING, KOSTNADER OCH EKONOMI

Energibalans

Elbehov, rötkamrarna	20 kWh/dygn
Elbehov, uppgraderingsanläggning & tankstation	55 kWh/dygn (i kontinuerlig drift)
El producerad med biogas	1 200–1 700 kWh/dygn
Värmebehov, rötkamrarna	3 600–6 000 kWh/dygn (150–200 kW)
Värmebehov, uppgraderingsanläggning & tankstation	0 kWh/dygn
Värme producerad i biogaspanna och som kraftvärme	3 120 kWh/dygn (cirka)

Kostnader och ekonomi

Operatören har uppskattat kapital- och driftkostnader för uppgraderingsanläggningen till:

Kapitalkostnader	600 000–700 000 euro
Driftkostnader	
El	1 000 euro
Årlig explosionstest, certifiering	13 700 euro
Justering, utbetalning till kunder	1 700 euro
Utbyte av aktivt kol	6 700 euro
Övrigt	1 700 euro

En anställd sköter uppgraderingsanläggningen. Man har haft smärre driftsstörningar, främst vid annalkande kallt väder och aktivering av lågtemperatursensorer i vattenströmmen, men dessa problem bedöms som relativt enkla att lösa.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Det här är det första tankstället för biometan i Central- och Östeuropa. I planeringen av anläggningen ingick även en kommunikationsstrategi för att informera allmänhet och medier. Anläggningens operatör, den lokala ledningen och återförsäljare av naturgasfordon har bidragit till att öka intresset för biometan och miljöfrågor i stort i regionen.

Skälet för att bygga uppgraderingsanläggningen var till en början att avlägsna föroreningar från biogasen och på så sätt förlänga livslängden för avloppsverkets el- och värmeproduktionsanläggning. Att dessutom förse fordonsflottan med drivmedel ger fler ekonomiska fördelar och miljöfördelar.

Anläggningsoperatören utvärderar för närvarande potentialen för att installera pastörisering så att man kan ta emot och behandla andra material med högt organiskt innehåll, som animaliska biprodukter (t.ex. slakteriavfall).

BRUCK/LEITHA BIOGASANLÄGGNING, ÖSTERRIKE

INLEDNING/ÖVERSIKT

Biogasanläggningen ligger i en jordbruksregion ungefär 40 kilometer öster om Wien i delstaten Niederösterreich i den östra delen av Österrike. Den är en samrötningsanläggning för höggradigt utnyttjande av organiskt avfall för att producera en högkvalitativ biogas. Anläggningen beslutades 2004 och producerade till en början el och värme till det lokala fjärrvärmenätet med kraftvärme (gasmotorer). Anläggningen kompletterades 2007 med en uppgraderingsanläggning för biogas för produktion av biometan att injicera i naturgasnätet. En del av gasen förbrukas i det lokala lågtrycksnätet, resten komprimeras till 60 bar och injiceras i det regionala högtrycksnätet (speciellt nattetid och på somrarna). Tillverkare av uppgraderingssystemet var Axium Angewandte Prozesstechnik GmbH, och hela anläggningen sköts av Biogas Bruck/Leitha GmbH.

BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

Råmaterialet till anaerobisk rötning är organiska rester av olika ursprung. Det kan vara organiska rester från jordbruk och livsmedelsproduktion, paketerade och opaketerade livsmedel med utgången datum, lecitinfraktionen från produktion av biodiesel, organiskt avfall från hushållens och handelns sopsortering, svinn, matolja och fetter från fettavskiljare samt mejeri- och slakteriavfall. Totalt förbrukas cirka 28 000 ton om året.

Förbehandling

Förbehandlingssteg och lagring varierar med typen av råmaterial. Flytande material lagras i två medelstora bufferttankar. Fast organiskt material lagras i ett planlager vid anläggningen. Förpackat material (utgångna eller defekta livsmedel) packas upp mekaniskt och spolas till lagret för flytande material. Ytvattenavrinning från anläggningen samlas upp i en tank och förser anläggningen med tillräcklig mängd processvatten. Materialet krossas och blandas med vatten i den ena av två tankar för krossning och torrsubstanshalten justeras. Under den automatiserade pumpningen till de två rötkastrarna hackas den fasta fraktionen till 10 mm partikelstorlek. Cirka 100 ton av råmaterialet transporteras varje dag till rötkastrarna.



Upppackningsanläggning (baktill på bilden)



Bufferttankar för flytande råmaterial (till vänster), ytvattentank (till höger)



Planlager för fast organiskt material



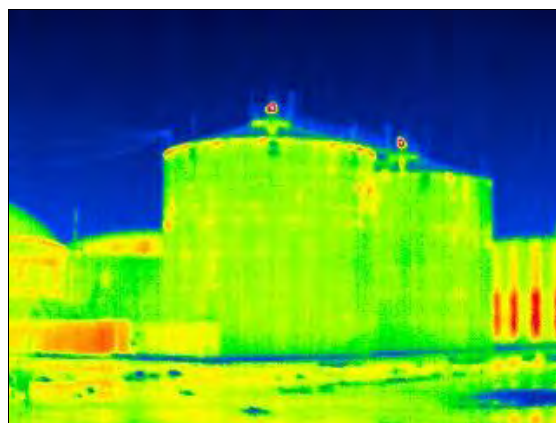
Tankar för krossning av råmaterialet (längst fram)

Anaerob rötning och rötrest

Råmaterialet pumpas direkt från krossningen till de primära rötkammarna. För närvarande finns det tre rötkammare på varter 3 000 m³. Två är av rostfritt stål med dubbla skarvar, den tredje är betydligt nyare och gjord av gastät betong. Rötningen sker vid en konstant temperatur på 38 °C, och värme behöver därför tillföras (årsgenomsnitt 200 kW). Mekanisk omrörning sker dels långsamt med en propeller i tankens mitt, dels med hög hastighet på tre ställen vid tankens periferi. Mikronäringsämnen och järnsalter för reduktion av svavelväte tillsätts dagligen.



Två primära rötkammare av stål (till höger) och sekundär rötkammare med gaslager (till vänster)



Rötkamrarna fotograferade med värmekamera



Omrörning i rötkammarens mitt



Lantbrukare från närområdet hämtar rötresten

Efter de primära rötkamrarna finns sekundära rötkammare (5 000 m³ vardera) som även de värms till 38 °C och rörs om mekaniskt. Båda har tak av dubbelmembran för gaslagring. De fungerar också som lager för rötrest. Rötresten delas inte i fast och flytande fraktion utan lokala lantbrukare

använder den som gödning (från april till november). Biogasproduktionen i de sekundära rötammarna uppskattas till 2–3 % av den totala.

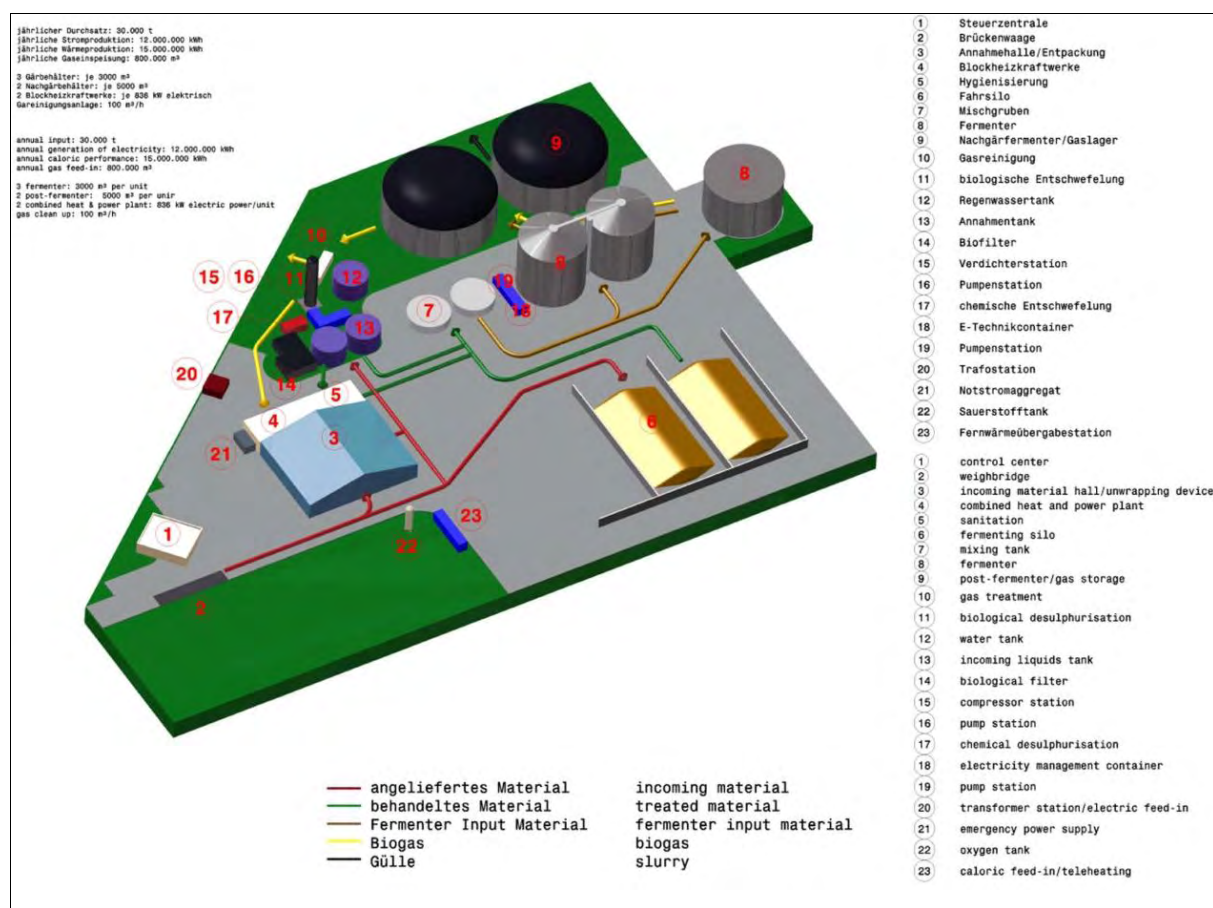


Sekundär rötammare och gaslager



Sekundär rötammare och gaslager

Den totala uppehållstiden i systemet (primär rötammare – sekundär rötammare – rötrestlager) är 50 till 60 dygn.



Översikt över anläggningen för produktion av biogas/biometan i Bruck/Leitha

Produktion och användning av biogas

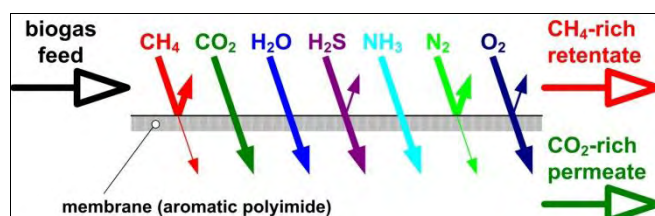
Den anaeroba rötningen producerar 800 m³/h biogas med en typisk metanhalt på 60–64 %. Det mesta använder man i två gasmotorer (GE Jenbacher, 836 kW_{el} vardera) som årligen producerar

12 GWh el och 15 GWh processvärme. Elen matas in på elnätet med en inmatningstariff för grön el på 8,5 cent/kWh (årsgenomsnitt). Värmen (effekt cirka 1,2 MW) levereras till det lokala fjärrvärmenätet i Bruck/Leitha (längd cirka 11 km) som komplement till lokala värmeverket (6 MW). Värmen räcker till 800 hushåll, en tredjedel av värmebehovet i Bruck/Leitha. Lite av värmen används direkt till uppvärmning av rötkamrarna (årsgenomsnitt 200 kW). Det totala årsbehovet av el för hela biogasanläggningen är 1 GWh.

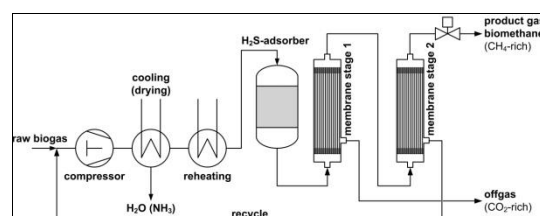
Uppgraderingsanläggningen installerades 2007 och har en produktionskapacitet på 100 m³/h biometan för injicering i det närliggande naturgasnätet. En delström på 170 m³/h biogas tas parallellt ut till kraftvärmemotorerna. Den här biometananläggningen är Österrikes första i industriell skala med nätinjicering och har varit i drift sedan 2008.

Uppgraderingsanläggningen har utformats och uppförts som en del av ett stort forskningsprojekt (Virtuell biogas: www.virtuellesbiogas.at) i samarbete mellan de ledande gasbolagen, universitet (Tekniska högskolan samt Högskolan för Naturresurser och Life science i Wien), rötningsanläggningens juridiska person och konstruktören. Anläggningen använder membranseparation som är en innovativ teknik för att avlägsna koldioxid och torka gasen. Bakom konstruktionen står AXIOM Angewandte Prozesstechnik GmbH och sedan 2008 sköts driften av operatören Biogas Bruck/Leitha GmbH. Hela uppgraderingsanläggningen är monterad inuti en 30 fot standardcontainer och transporterades till Bruck/Leitha som en enhet. Nu är tekniken kommersiellt tillgänglig och många anläggningar är beställda i österrike och Tyskland.

Membranseparationen har fördelar vid stabil, kontinuerlig drift och är enkel att styra. Dessutom behövs ingen dyrbar regenerering av kemikalier. Hela processen är mycket enkel, rakt på sak och kompakt. Till separeringen används en tät polyimidmembran med olika löslighet och diffusionskoefficient för olika gaser som finns i rågasen. Drivkraften för separeringen är skillnaden i partialtryck mellan inmatningsfasen och den genomsläppta fasen för de olika ämnena. Med högt tryck på inmatningssidan och lågt tryck på andra sidan (nära atmosfärstrycket) får man ett högt flöde genom membranet, och de flesta oönskade gaserna avlägsnas. Den enda gasen som beter sig som metan och stannar kvar i produktgasen är kvävgas som därför inte kan avlägsnas med den här tekniken. Man får enkelt produktgas med tillräcklig kvalitet och kvantitet om membranytan är tillräckligt stor och driftsvillkoren goda. De stora fördelarna med den här processen är kontinuiteten, kompaktheten, den samtidiga torkningen samt avlägsnande av spår av svavelväte och ammonium. Eftersom en blandning av ammonium, svavelväte och mycket fukt i gasen kan äventyra membranmaterialet måste man behandla gasen före gaspermeation.



Principen för gasseparation med membranseparation



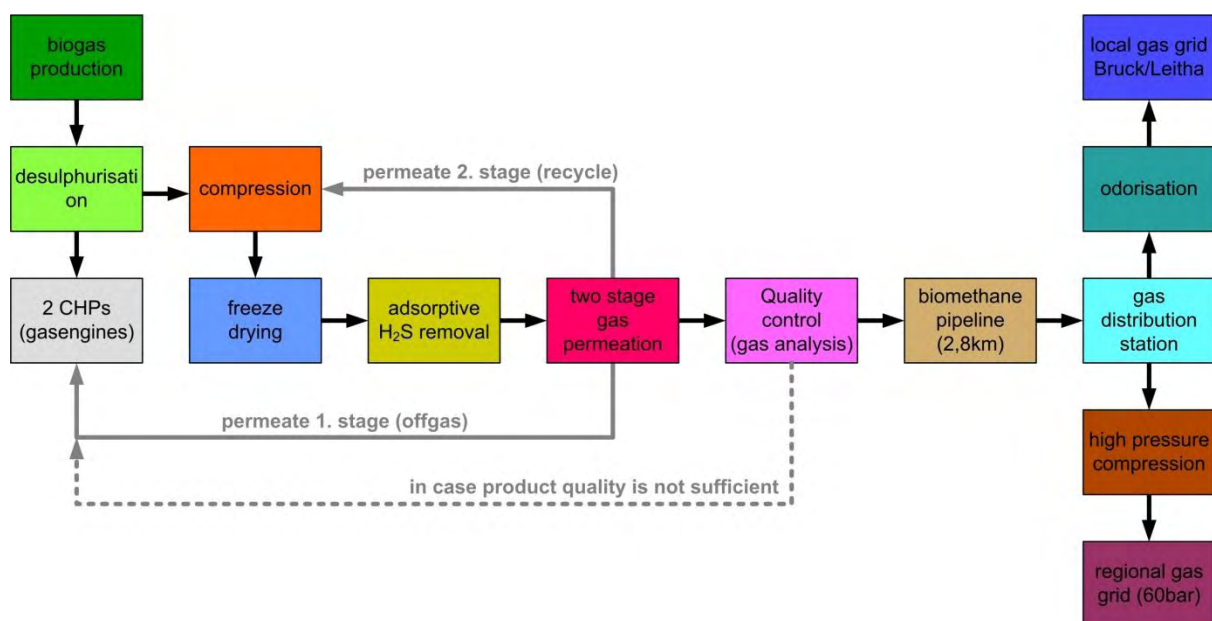
Schema över uppgraderingsprocessen med membranseparation

Membranerna är konstruerade som ihåliga fibrer med högt tryck inuti röret och lågt tryck på utsidan. Många fibrer tillsammans bildar en membranmodul som matas med den trycksatta biogasen.

I uppgraderingsanläggningen i Bruck/Leitha blandas biogasen från rötkamrarna med gasen som släppts igenom membranet i andra membransteget, sedan komprimeras den och vattnet kondenseras vid gastemperatur på högst +7 °C. Därefter värms biogasen upp igen med

överskottsvärme från kompressorn för att få optimal temperatur i följande separationsteg. Efter detta avlägsnas svavelväte med adsorption och den förbehandlade gasen matas in till tvåstegsprocessen för membranseparation.

För att minimera metanförlusterna har man föreslagit att ha membranmoduler i två steg. Restgasen som släppts igenom membranet i andra steget innehåller betydligt mer metan jämfört med första steget och förs tillbaka för återkomprimering. Till följd av det väntar man sig att processen uppför sig icke-lineärt. Metankvaliteten i den metanrika gasen som kvarhålls i andra steget styrs av en proportionalventil vid utloppet från. Ventilläget justeras med PID-styrning, som påverkar trycket i inmatningskanalerna, och samtidigt metanhalten i produktgasen. Det gör att man kan producera gas med varierande metanhalt (allt från nära rågas till 99 % eller mer). Dessutom kan man enkelt justera volymflödet av biometan med utökad PID-styrning som påverkar kompressorns rotationshastighet med en frekvensomvandlare.



Biogasuppgradering integrerad i processen i Bruck/Leitha

Precis som andra separationstekniker kan membranseparation inte överföra all metan från rågasen till produkten biometan. Den koldioxidrika restgasen innehåller små mängder metan (vanligen 2–3 % av producerad biometan) och andra ämnen som separerats. För att uppfylla sin nollutsläppstrategi har uppgraderingsanläggningen integrerats på ett bra sätt i den befintliga biogasanläggningen och restgasen levereras tillbaka till gasmotorerna som producerar kraftvärme av rågasen). Där förbränns metan och energin tas tillvara i form av värme och el i stället för att släppas ut till atmosfären.

Efter online-analys av viktiga gaser (metan, koldioxid, syre, svavelväte samt fukthalt) transporteras den producerade gasen via en 2,8 kilometer lång rörledning till gasdistributionsstället. Om någon parameter för gaskvaliteten inte uppfyller österrikiska lagens krav för inmatning på gasnätet så avbryts injiceringen omedelbart och gasen förs tillbaka till biogasanläggningens gasmotorer. Styrsystemet försöker då förbättra gaskvaliteten och återuppta leverans ut på nätet. Värmevärdet 10,86 kWh/m³ hos gasen som matas in på gasnätet överensstämmer med standarden i Österrike. Därför behövs ingen LPG-dosering för att öka värmevärdet. Den gröna gasen säljs till nätoperatören på virtuell bas.



Uppgraderingsanläggningen i Bruck/Leitha sedd utifrån och inifrån, med kompressor, värmeväxlare (till höger) och membranmoduler (till vänster)

Naturgasnätet med tryck upp till 3 bar försörjer den närliggande staden Bruck/Leitha med 7 600 invånare. Den biometan som injiceras täcker årsbehovet för 800 hushåll. Under vintermånaderna förbrukas all biometan plus naturgas. Under sommarmånaderna är behovet av gas bara en bråkdel av den producerade gasen och överskottet av biometan komprimeras till 60 bar och matas in på det regionala naturgasnätet. På så sätt kan uppgraderingsanläggningen vara i kontinuerlig drift under hela året, och optimera arbetsbelastning och kostnadsstruktur.

Att avlägsna svavelväte är ett mycket viktigt steg i reningen av biogas som man arbetar med i Bruck/Leitha. Rågasen innehåller typiskt upp till 1 000 ppmv svavelväte, och toppkoncentrationer på upp till 2 000 ppmv registreras ofta (beroende på vilket råmaterial som används). Även halten svavelväte varierar mycket. Eftersom vätesulfid är både giftig och korrosiv får det bara finnas ytterst små mängder i gasen. Nuvarande utformning av processen har fyra olika tekniker för avsvavling. Den första är avsvavling genom tillsats av speciella kemikalier (flytande blandning av metallsalter) direkt in i röt-kammaren (svavelutfällning). Den producerade biogasen innehåller 100–500 ppmv svavelväte när den lämnar gaslagertankarna.

Den andra är mikrobiologisk behandling av gasen med kemoautotrofa bakterier av släktet *Thiobacilli*, som reducerar svavelväte till 50 ppmv. Mikroorganismerna använder svavelväte i sin metabolism och omvandlar den till vatten och rent svavel eller svavelsyra som släpps ut och behandlas i avloppsvattnet. Mikroorganismerna behöver syre till detta. Innan uppgraderingsanläggningen fanns på plats använde man luft till den biologiska avsvavlingen. Numera använder man ren syrgas till det här steget eftersom luft till fyra femtedelar består av kväve som inte avlägsnas med uppgraderingstekniken.



Biologisk skrubber för avsvavling av rå biogas



Absoratorer med järnoxid för slutlig avsvavling av biogas

Man har visat att den biologiska metoden inte garanterar stabil avsvavling när kvantiteten rågas varierar mycket. Likaså garanterar den inte stabil kvalitet, eftersom mikroorganismerna behöver tid på sig för att anpassa sig till förändrade villkor. Därför använder man ytterligare en avsvavlingsteknik vid uppgradering av biogas. Där ingår ett steg med en kemisk-oxidativ skrubber där den sura gasen tvättas med natriumhydroxid (NaOH) för att absorbera svavelväte från gasen. Det absorberade svavelvätet oxideras sedan med väteperoxid för att öka selektiviteten i avlägsnandet av svavelväte gentemot koldioxid samt öka skrubbevätskans kapacitet.

Tillämpning av detta koncept för avsvavling av biogas är ny och under en tvåårig forskningsfas har man utformat, uppfört och optimerat en pilotanläggning med kapacitet för 300 m³/h rågas. Den har varit i reguljär drift sedan 2010 och finns nu kommersiellt tillgänglig. Även en annan österrikisk anläggning för uppgradering av biogas för injicering i nätet använder en sådan avsvavlingsanläggning.



Kemisk-oxidativ skrubber från utsidan



Skrubberkolonn



Doseringspump för natriumhydroxid

I det tredje steget avlägsnas det sista svavelvätet med adsorption på järnoxid eller zinkoxid. Det används enbart för slutlig avsvavling, från 70 ppm till under 3,3 ppmv som är kravet för injicering i gasnätet.



Översikt av biogasanläggningen och platsen för injicering i gasnätet (Google Earth 2012)

Det finns möjlighet att fackla av biogas i de fall då den inte kan användas till produktion av kraftvärme (t.ex. vid underhåll) eller biometan.

Behandling av utsläpp (vatten, avloppsvatten, frånluft)

Den CO₂-rika restgasen från produktionen av biometan innehåller 2–4 % CH₄ och får inte släppas ut direkt till miljön. Restgasen blandas med rågas och leds till gasmotorer för produktion av kraftvärme. Eftersom bara en del av biogasen uppgraderas fungerar det och är det mest kostnadseffektiva alternativet. Om anläggningen inte har gasmotorer och all rågas måste uppgraderas behöver man en särskild behandling av restgasen (förbränning, brännare för gaser med lågt värmevärde eller katalytisk oxidation). Den värmen kan användas för att täcka en del av röt-kamrarnas värmebehov.

Lokal påverkan/visuell störning

Inga visuella störningar har beskrivits för anläggningen. Det mesta på anläggningen finns i ISO-containerar av stål. Dessutom är avståndet från rötningsanläggningen till bebodda områden relativt stort.

ENERGIANVÄNDNING, KOSTNADER OCH EKONOMI**Mass- och energibalans**

Råvara till rötningen	28 000 ton/år	(cirka 3,3 ton/h)
Producerad biogas	6 800 000 m ³ /år	(cirka 800 m ³ /h)
Biometan injicerad i nätet	800 000 m ³ /år	(100 m ³ /h)
Ellbehov, rötningsanläggningen	1 000 000 kWh/år	(cirka 120 kW)
Elbehov, uppgraderingsanläggningen	296 000 kWh/år	(cirka 37 kW)
El producerad som kraftvärme	12 000 000 kWh/år	(cirka 1 400 kW)
Värmebehov, rötningsanläggningen	1 700 000 kWh/år	(cirka 200 kW)
Värmebehov, uppgraderingsanläggningen	inget	inget
Värme producerad i kraftvärmearnläggning	15 000 000 kWh/år	(cirka 1 750 kW)
Värme leverad till fjärrvärmesystemet	10 200 000 kWh/år	(cirka 1 200 kW)

Kostnader och ekonomi

Det finns för närvarande ingen reglerad inmatningstariff för biogas i Österrike. Operatörer som vill injicera biometan i gasnätet måste sluta egna avtal med individuella tariffer och avtalsperioder med det aktuella nätbolaget. Det finns fortfarande (2012) ingen system motsvarande inmatningstariffer för el.

Anläggningen uppfördes inom ramen för ett forskningsprojekt med 50 % finansiering från staten och delstaten samt resterande 50 % i bidrag från tre stora gas- och energibolag i östra Österrike. Operatören fick injicera gasen i nätet utan avgift under forskningsprojektet. Efteråt överfördes uppgraderingsanläggningen till biogasanläggningens operatör utan några extra kostnader.

Investeringskostnaderna för rötningsanläggningen har beräknats till i storleksordningen 6,5 miljoner euro, men driftkostnaderna har ännu inte rapporterats och är svåra att uppskatta. Total produktionskostnad har uppskattats till cirka 0,30 euro/m³ rå biogas.

Investeringskostnaderna för uppgraderingsanläggningen var i storleksordningen 800 000 euro. Specifika produktionskostnader som avser investering i uppgraderingsenheten enbart (ekvivalent årskostnad), alla driftskostnader för uppgraderingen, skötsel och personal har beräknats till cirka 0,25 euro/m³ biometan.

För att producera 1 m³ biometan behövs 1,7 m³ rågas och därför blir den totala specifika kostnaden inklusive produktion av rågas och uppgradering 0,76 euro/m³ (varav 67 % för rågasproduktion och 33 % för uppgradering av biogas). Om man tar med värmevärdet för biometan i beräkningen blir total specifik produktionskostnad cirka 7 eurocent/kWh. Alla kostnadsberäkningar bygger på stabil drift av anläggningen under 2012.

Kunderna kan inte fysiskt köpa just den gas som produceras i Bruck/Leitha, men den går att köpa som grön gas. För att säkerställa att injicerad och såld biometan balanserar varandra certifieras kvantiteten biometan av TÜV Austria Services GmbH. Kunderna kan köpa en viss mängd eller en viss procentandel av sin gasförbrukning som biometan.

En anställd sköter drift och underhåll av anläggningen. Efter inkörningsfasen man inte haft några större problem med driften.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Fallstudien visar på flera saker. För det första visar den att tekniken för att producera rå biogas och uppgradera den till biogas finns (i det här fallet membranseparation). Den visar också att det finns ekonomi även i mindre skala för tekniken att uppgradera biogas och injicera den i naturgasnätet. Idag har sådana här anläggningar för injicering på nätet som är i drift många gånger högre produktionskapacitet än den i Bruck/Leitha. Även membranteknik har skalningsfördelar, och det måste analyseras individuellt vilken teknik som passar bäst för de enskilda fallen. Man måste dock vara medveten om att biometan inte hävdar sig i konkurrensen med importerad naturgas och att priserna för förnybar gas därför måste vara högre.

Operatörerna för biogasanläggningen i Bruck/Leitha är mycket nöjda med anläggningen och hur den fungerar i drift. Nu undersöker de möjligheten att utöka kapaciteten för uppgradering till 800 m³/h. Det är tänkt att vara den totala mängden biometan som produceras, vilket gör att gasmotorerna blir överflödiga och sannolikt tas ur drift. Orsaken till att man sannolikt kommer att ändra tyngdpunkten i produktionen är att avtalsperioderna för inmatningstariffer för grön el löper ut.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Författarna vill tacka anläggningsägare och operatörer vid Biogas Bruck/Leitha GmbH (DI Gerhard Danzinger and DI(FH)) för tillgång till anläggningen och ytterligare information till den här fallstudien.

TILLSTÅNDSPROCESSEN I SVERIGE

När man ska bygga och driva en biogasanläggning gäller flera lagar som provas var och en för sig av olika myndigheter. Det handlar om bland annat bygglov enligt Plan- och bygglagen, tillstånd enligt Miljöbalken och tillstånd enligt Lagen om brandfarliga och explosiva varor. Man har själv det samlade ansvaret för att söka alla tillstånd som behövs. Kontakta myndigheterna i god tid eftersom det kan ta lång tid att få tillstånd. I vissa fall behövs inte tillstånd utan det räcker med en anmälan till kommunen. Dessutom kan försäkringsbolagen ställa sina krav.

Bygglov enligt Plan- och bygglagen

Bygglov ska sökas inom planlagt område. Även om bygglov inte behövs ska en bygganmälan göras minst tre veckor innan man börjar bygga. Om man behöver installera eldstad eller rökkanal, eller göra större ändringar av dem, behöver man också bygglov.

Tillståndsprövning enligt Miljöbalken (miljöprövning)

Biogas är en bra förnybar energikälla – varför krävs då tillstånd eller anmälan enligt Miljöbalken? Det är viktigt att välja rätt plats och använda bra teknik eftersom biogasproduktionen kan påverka miljön. Därför klassar man biogasanläggningar enligt Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Närboende och andra berörda ska också ha möjlighet att påverka, vilket de får i samråd med bl.a. Länsstyrelsen innan man prövar ärendet.

Det finns olika prövningsnivåer för biogasanläggningar:

C	Anmälningspliktig	Prövas av kommunens miljönämnd
B	Tillstånd krävs	Sök tillstånd hos Länsstyrelsen
A	Tillstånd krävs	Sök tillstånd hos Miljödomstolen

När gäller prövningsnivå C?

- Biogasproduktion <150 000 Nm³/år.
- Mängden mottaget avfall <500 ton/år (stallgödsel och odlade grödor från den egna gården räknas inte som avfall).
- När även djurhållningen bara är ett anmälningsärende.

När gäller prövningsnivå B?

- Biogasproduktion >150 000 Nm³/år
- Mängden mottaget avfall 500–100 000 ton/år

När gäller prövningsnivå A?

- Mängden mottaget avfall >100 000 ton/år

Dessutom behöver man tillstånd för förbränningsanläggning med total installerad tillförd effekt högre än 20 MW och högst 300 MW.

Bedömningen av tillståndsplikt kan dock vara mer komplicerad än så varför det är att rekommendera att kontakta tillsynsmyndighet för besked om hur prövningen ska gå till.

Förordningar om animaliska biprodukter

Råmaterial med animaliskt ursprung måste i allmänhet hygieniseras innan det rötas. Hygienisering innebär att det upphettas till 70 °C i en timme. Det gäller för matavfall, slaktavfall, gödsel m.m. Ett undantag är om det är gödsel från den egna gården som rötas och rötresten bara sprids på den egna gården. Jordbruksverket ger tillstånd och utövar tillsyn.

Tillstånd enligt Lagen om brandfarliga och explosiva varor

Det krävs tillstånd enligt LBE, Lagen om brandfarliga och explosiva varor, för att bedriva brandfarlig verksamhet. Dit räknas att framställa biogas i en rötkammare. Lagen gäller även när man renar biogas i en uppgraderingsanläggning.

Sevesolagstiftning

Lagen och förordningen om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor brukar kallas för Sevesolagstiftningen. Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, anser att uppgraderad biogas när den används som fordonsgas ska behandlas som naturgas, och lyda under naturgaslagen. Andra myndigheter kan ha olika uppfattning om vad som gäller för uppgraderad biogas, eftersom det ännu inte finns någon rättspraxis. Biogas som innehåller 45–80 % metan ska behandlas som brandfarlig gas. Sevesolagstiftningen går ut på att arbeta förebyggande.

Gårdsbaserad biogasanläggning

Om man producerar biogas enbart av den egna gårdens grödor och stallgödsel räcker det ofta med en anmälan till kommunen. Kommunen avgör om anläggningen är anmälningspliktig. En gårdsbaserad biogasanläggning utanför planlagt område behöver normalt inte bygglov, men en bygganmälan ska göras minst tre veckor innan man börjar bygga.

Försäkringar

Försäkringsbolag kan ställa krav på hur anläggningen är byggd, utbildning hos driftsansvarig, besiktningar med mera.

Källor

<http://www.biogasportalen.se/BliProducentAvBiogas/Attkommaigang/Tillstandokontroll>

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1965&m=1633>

<http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/miljo-och-klimat/verksamheter-med-miljopaverkan/miljofarlig-verksamhet/branscher/Pages/biogas.aspx>

<http://www.seveso.se/sv/Lagar--regler/Rad-och-anvisningar/Biogas-naturgas-och-fordonsgas/>

Länkar från september 2012





The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union.