

# Etablering og drift af biogasanlæg med kløvergræs som input materiale

## Erfaringer fra driftsledere på økologiske biogasanlæg i Tyskland

Forfatter:

Florian Gerlach, Maschinenringe, S-H Energie Pool GmbH & Co. KG, Busdorf/Tyskland

Bestilt af:

**Kompetencecenter for Økologisk Biogas**  
Økologisk Landsforening, Åbyhøj /Danmark  
[www.okologi.dk/biogas](http://www.okologi.dk/biogas)

19. oktober 2012



**Kompetencecenter for Økologisk Biogas**

## Indhold

Indledning og generelle emner.....	side 2
Miller, Schmiechen: 100% kløvergræs er muligt.....	side 3
Wiggert, Löffingen: Funktionsdygtighed og variation.....	side 9
Wittenberg Hof, Stahlbrode: Hydrolyse og recirkulation.....	side 11
Krumbecker Hof, Stockelsdorf: Standard system med utraditionel biomasse.....	side 14

## Indledning og generelle emner

For de interviewede økologiske landmænd og driftsledere på biogasanlæggene er hovedformålet med biogasproduktionen at:

- Etablere et system, der øger tilførslen af næringsstoffer til sædskiftet samt at have en mere fleksibel næringsstofkilde til at bevare og forbedre jordens frugtbarhed
- Finde en produktiv anvendelse af kløvergræs og andre efterafgrøder/grøngødning

Produktionen af elektricitet og varme, skønt påskønnet som ekstra indtægtskilde og et relevant bidrag til en bæredygtig energiforsyning, ses af alle driftsledere som sekundært i forhold til spørgsmålet om næringsstof.

De følgende eksempler svinger betydeligt i forhold til erfaring, perspektiver og strategier. Der er dog nogle emner, der nævnes af de fleste eller alle de biogas driftsledere, der blev interviewet:

- Især driftsledere med lang erfaring som økologer uden dyrehold ser næringsstofmanagement som en betydelig udfordring for den langsigtede succes for deres produktionssystem.
- Omrøring og korrekte temperaturer er afgørende for succes med kløvergræs i biogasproduktionen. Hvis der bruges uegnet teknologi, vil der dannes flydelag i beholderne og i forbindelse med det skilles substratet i to faser, hvilket kan give store problemer.
- Standard omrøringsteknologi er ofte utilstrækkeligt med kløvergræs som substrat. Langsomtgående omrører, som padle-omrører bør foretrækkes.
- Der er mulighed for øget biogasudbytte og/eller lette omrøringen, når der bruges metoder til nedbrydning. Indtil videre er nedbrydningsteknikkernes effekt på biogasproduktionen og energiforbruget dog ikke altid let at afgøre.
- Imens standardteknologi, designet til mere vanskelige substrater, kan håndtere en betydelig mængde kløvergræs, vil det kræve specialisterfaring, udelukkende at håndtere dette substrat.

- Gastæt lager til den afgassede biomasse får en blandet modtagelse af biogasdriftslederne. På den ene side kan det med sikkerhed reducere udslippet af metan. På den anden side, udover at være en ekstra investering, som ikke kan opvejes af den ekstra metan, kan det gastætte lager medføre højere temperatur i biogasyllen, når den skal køres ud. Dette kan forårsage store tab i ammoniak og svidning af afgrøderne. Heller ikke beluftning af biogasyllen for at stimulere omdannelsen af ammoniak til organisk kvælstof er næppe foreneligt med et gastæt miljø indeholdende metan.

## Miller, Schmiechen: 100% kløvergræs er muligt

### Beskrivelse

Hubert Miller har drevet et økologisk landbrug uden dyrehold i Schmiechen/Sydlig Bayern i 20 år. Miller er gået sammen med fire andre husdyrløse økologiske landmænd fra regionen om at bygge et biogasanlæg baseret på kløvergræs. De kunne ikke finde nogen eksisterende eksempler, som kører udelukkende med kløvergræs. Anlægget i Schmiechen blev bygget i perioden maj til december 2005. Mens alle partnere bidrager med kapital og biomasse er Miller ansvarlig for driften af anlægget. Anlægget bruger biomasse fra omkring 20 økologiske bedrifter.

Kontrolorganisation: Bioland



Figure 1: Indfødning og hovedreaktor. Til venstre ses den overdækkede ensilage-opbevaring.

### Tekniske detaljer

Indfødning: container med stempel og snegl, indføring i toppen af reaktoren.

Reaktor:

- En høj og slank vertikal beton reaktor (13 m høj, 12 m diameter, 1470 m<sup>3</sup>) med en central axial omrører, som er ophængt fra beholderens betonloft. Der er ingen opvarmning i reaktoren men en varmeveksler tilknyttet ved cirkulationspumpen.
- En lav (6 m høj) og bred eftergæringstank (1360 m<sup>3</sup>) med horisontal omrøring og foliedug som tag. Ingen intern opvarmning men varmeveksler tilknyttet ved cirkulationspumpen.
- Lagertank til biogasylle: beton lager, 1360 m<sup>3</sup>, ikke



Figure 2: Eksempel på central/axial omrøring (billedet er ikke fra Millers anlæg).  
Photo: DLZ

overdækket.

#### Omrøring:

- Hovedreaktor: central axial omrøring (15 kW), ophængt i betonloftet
- Eftergæringstank: Neddykket omrører (10 kW) og padel-omrører
- Lagertank: neddykket omrører (11 kW)

#### Mekanisk nedbrydning af substrat:

- Elektrokinetisk disintegration (Vogelsang 20.000 V, 80 W) integreret i kredsløbspumpen.<sup>1</sup>
- Rotacut macerator mellem hovedreaktor og eftergæringstanken

Gasmotor: 333 kW<sub>el</sub> 254 kW<sub>varme</sub>

**Tabel 1: Biomasseinput Miller/Schmiechen (omtrentlige andele)**

Årstal	Kløvergræs	Anden biomasse
2008	20%	80% majsensilage og andre substrater
2009	88%	12% majsensilage
2010	99%	1% knust rugkorn
2011	80-90% (+ lidt husdyrgødning)	10% majsensilage

#### Erfaringer

I det første driftsår var brugen af kløvergræs et kæmpe problem. Tilstoppede rør og snegle der gik i stykker, var kun to af de problemer driftslederen var udsat for. Det var nødvendigt med mange forsøg og ændringer. En tilfredsstillende produktion med 7.800 fuldlasttimer og med 80% kløvergræsensilage blev opnået i det tredje driftsår (2008).

Det centrale kendetegn ved Millers biogasanlæg er den høje slanke hovedreaktor med ekstern opvarmning og cirkulationspumpe og vertikal omrører med en central axial mixer. Miller tilskriver følgende faktorer årsagen til, at dette anlæg evner at håndtere substraterne:

- Hovedreaktorens form: Den høje slanke form på reaktoren letter en effektiv omrøring og mindsker behovet for ekstern varmetilførsel (bedre isolering pga. en mindre overflade i forhold til volumen set i forhold til standard reaktorer). I de 6 driftsår er hovedreaktoren ikke blevet tømt for sand og sten. Opvarmning er normalt kun nødvendig i perioden fra november til marts.
- Omrøringen: Vertikal nedadgående omrøring giver mulighed for mere effektiv blanding end horisontal omrøring, specielt i den slanke reaktor. Flydelag og synkende lagdeling undgås og biomassen holdes opløst/omrørt. Ligeledes undgås problemer med at uomsætteligt materiale (sten, sand) ophobes i reaktoren, fordi det ikke synker mod bunden men holdes oprørt i biomassen og føres med biogasgyllen videre til lagertanken. Normalt indeholder kløvergræsensilage en større andel sand og sten end majsensilage pga. høstmetoderne. Effektiv omrøring giver en bedre

opblanding af biomassen og understøtter den opadgående bevægelse for biogasboblerne fra biomassen til gaslageret (særlig relevant for biomasse med et højt tørstofindhold).

- Hvis der opstår problemer med flydelag på anlægget, er det ikke i hovedreaktoren men den standard-udformede eftergæringstank. Miller omrører 1.500 m<sup>3</sup> med 15 kW, propellerne er omkring 3 m fra bunden.
- Ekstern opvarmning: Specielt med kløvergræs som biomasse, med et højt tørstofindhold, højt indhold af lange fibre samt partikler er der risiko for at varmerør installeret inde i reaktoren blokeres (en "måtte" af fibre sætter sig omkring rørene), ødelægges eller endda brækkes af deres beslag. På Millers anlæg trækkes biomassen fra hovedreaktoren (i 3 meters højde) ind i rør. Disse rør kommer gennem en varmeveksler og forbi den elektrokinetiske disintegrator. Pumpen med en kapacitet på 730 m<sup>3</sup> pr. min pumper så biomassen tilbage i hovedreaktoren med en nedadgående stråle. Dette understøtter blandingen af biomassen og forhindrer bundfald.
- Ekstern opvarmning: Specielt med kløvergræs som biomasse, med et højt tørstofindhold, højt indhold af lange fibre samt partikler er der risiko for at varmerør installeret inde i reaktoren blokeres (en "måtte" af fibre sætter sig omkring rørene), ødelægges eller endda brækkes af deres beslag. På Millers anlæg trækkes biomassen fra hovedreaktoren (i 3 meters højde) ind i rør. Disse rør kommer gennem en varmeveksler og forbi den elektrokinetiske disintegrator. Pumpen med en kapacitet på 730 m<sup>3</sup> pr. min pumper så biomassen tilbage i hovedreaktoren med en nedadgående stråle. Dette understøtter blandingen af biomassen og forhindrer bundfald.



Figure 3: Ekstern varmeveksler til biomassen.

Det første opvarmningssystem via varmevekslere virkede ikke ordentligt – efter Millers mening på grund af det høje tørstofindhold i biomassen. Et nyt, mere enkelt system, blev bygget af en lokal smed: et 80 mm stålrør løber inden i et 110 eller 120 mm rør (de røde rør på billederne fig 3 og 5). Biomassen pumpes gennem det inderste rør, imens opvarmningsvandet pumpes i det ydre rør i den modsatte retning. Dette system fungerer godt og giver tilstrækkelig opvarmning. I et nyt anlæg ville man kunne forfine det og bruge de erfaringer, der er gjort og dermed få reduceret energiforbruget og sliddet på de elektriske pumper til biomassen.

Eftergæringstanken er konstrueret klassisk (6 m høj, horisontal omrøring) og anses for at være en stor fejltagelse pga. problemer med flydelag. Omrøringen er meget mindre effektiv end i den første reaktor og er meget energikrævende. Den originale kombination med en neddykket hurtiggående omrører kunne ikke klare biomassen, så denne omrører blev udskiftet med en langsomtgående paddelomrører.

Huning indfødningssystemet der blev anvendt kan ikke anbefales. Slitagen har været for voldsom. Efter kun et år skulle snegl og stempelsystemet udskiftes. Med de indfødningssystemer, der findes i dag, er dog langt mere avancerede (fx plastforing, andre materialer, større godstykkelse, større diameter i snegle). Fra indføddningen skal biomassen transporteres højere op end i et standardanlæg pga. den høje hovedreaktor. Derfor bruger indfødningssystemet mere energi. I dag er det muligt at købe mere økonomiske systemer.



Figure 4: Rotacut

Biomasse nedbrydning (forbehandling): En Rotacut til mekanisk nedbrydning er et absolut "must" med kløvergræs. Nedbrydningen af biomassen med at neddele partikler og lange fibre giver en biomasse, der lettere kan omrøres. Det betyder også, at gassen lettere løsriveres fra biomassen. Miller oplever ikke at Rotacut har indflydelse på gasudbyttet, dette underbygges også af offentliggjorte forsøg.

Den elektrokinetiske disintegration (rød anordning figur 5) har ikke levet op til de lovede 20 % forøgelse i biomassens effektivitet. Efter 6 måneders målinger var der registreret en stigning på 3 % i biomassens effektivitet, hvilket ikke er statistisk signifikant. Selv om Miller ikke ville vælge at bruge dette system i et nyt anlæg, har han ladet det sidde på, da det reducerer energibehovet for til omrøring, da biomassen er lettere at omrøre.<sup>2</sup>

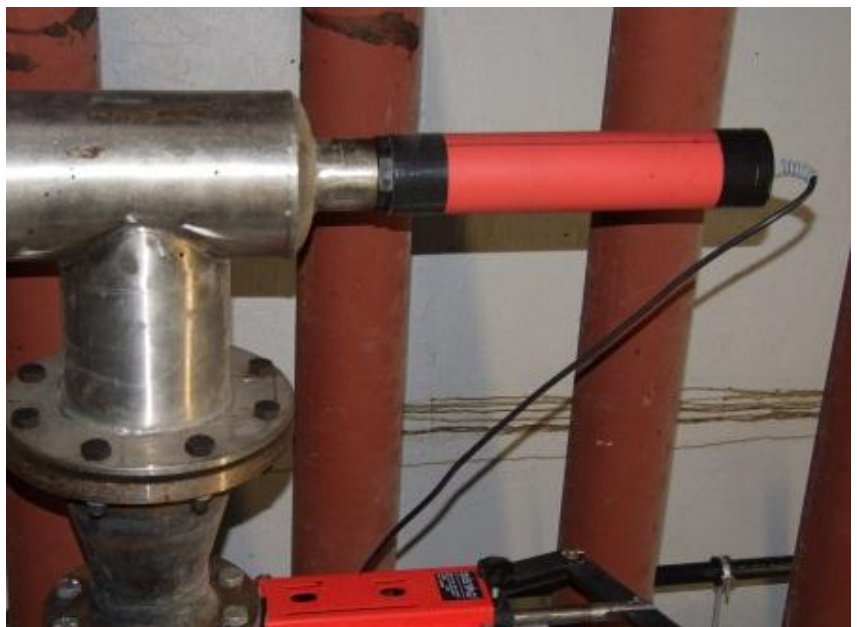


Figure 5: Elektrokinetisk disintegration

Biologien omkring kløvergræssystemet er meget mindre stabilt end et system med majsensilage. Selv en ændring fra én ensilagebatch kløvergræs til en anden kræver omhyggelig overvågning og muligvis opblanding af ensilageportioner i en periode. Det er vigtigt at holde et vågent øje med kvaliteten af input materialet og fermenteringsprocessen. En afgørende faktor med stor variation og vidtrækkende konsekvenser for processen er tørstofindholdet i biomassen. Tørstofindholdet i ensilagen bør analyseret hver måned.

Standardværdier, som dem der offentliggøres af det tyske KTBL (i Danmark VFL) bør ikke anvendes, idet situationen på anlægget kan afvige meget.

Det optimale tørstofindhold defineres primært af kravene til en effektiv ensileringsproces og den tekniske formående på biogasanlægget. På Millers biogasanlæg er tørstofindholdet i hovedreaktoren omkring 15%.

Temperaturmanagement: Processen kører bedst, når substrattemperaturen er 43°C. Ved 42°C fungerer fermenteringsprocessen fint, men af ukendte årsager bruges der ekstra 2-3 Ampere til omrøring. Under 40°C bliver omrøringen vanskeligere og biogasproduktionen langsommere. Da behovet for opvarmning er forholdsvist lille pga. isoleringen og reaktorens form, kan temperaturen i hovedreaktoren stige til omkring 45°C i sommerperioden. I 2008 brød den biologiske proces ned, da substrattemperaturen steg til 49°C. Miller overvejer muligheden for aktiv køling af hovedreaktoren med koldt vand via varmeveksleren. Han er overbevist om, at med kløvergræs kan fermenteringsprocessen ikke køre som en termofil proces, men skal køre på mesofile vilkår. Dette skyldes det høje proteinindhold i biomassen og hæmningen forårsaget af ammoniak.

Hvad gør biogas fra kløvergræs omkostningsfuldt? Miller ser tre væsentlige områder, hvor biogasanlæg, der primært kører med kløvergræs, vil have højere omkostninger end de, der kører med majsensilage:

- Investering: Investeringerne er højere fordi dyrere teknologi er nødvendig, specielt på områderne omrøring og pumpning af substrat.
- Høstomkostninger: Kløvergræs med det høje vandindhold og to eller sædvanligvis flere slet pr. år giver højere omkostninger til høst og transport. Miller anser det for mere eller mindre umuligt, at betale landmænd for kløvergræsset. De vil dog få biogaseffekten tilbage til deres afgrøder, hvilket gør at udvekslingen kan betale sig for dem.
- Elforbruget til drift af anlægget er relativt højt. Specielt omrøringen og pumpningen af den relativt tørre og tyktflydende substrat kræver en betydelig mængde el, så det samlede elforbrug for anlægget ligger over 10 % af den samlede el-produktion.

Biogasgylle som gødning: Eftersom den vigtigste grund til biogasproduktion for Miller ligger i fordelene i planteproduktionen, er han ivrig efter at bevare de næringsstoffer, der er i biogasgyllen, til gødning af jorden og planterne. Han anbefaler at sprede biogasgyllen så tidlig på året som muligt i koldt vejr, for at undgå kvælstoftab fra det høje indhold af ammoniak i biogasgyllen. Han har oplevet et øget udbytte, men regner med, at der tabes en del af næringen før og under udbringningen. Sammen med forskere og ingeniører er han overbevist om, at det er muligt at fiksere næringsstofferne i den mikrobielle biomasse og dermed forhindre tab. Han advarer imod at udbringe biogasgylle, der stadig har varmen fra reaktoren, da dette kan betyde, at ammoniakken svider planterne samt give ammoniaktab ved fordampning.

### Yderligere information

Hubert Miller kan kontaktes for yderligere information omkring økologisk biogas fra kløvergræs. Han er klar til at hjælpe økologiske landmænd med opstart af biogasanlæg samt rådgive dem omkring planlægning, opførelse og drift af deres anlæg.

#### Kontakt:

Hubert Miller,

Tlf. ++0049 8206 962697

E-mail [h.miller@biolandhof-miller.de](mailto:h.miller@biolandhof-miller.de)

<sup>1</sup>Yderligere information: <http://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/13727/biogasendbericht.pdf>

<sup>2</sup>Resultater fra et forskningsprojekt om elektrokinetisk disintegration på et økologisk biogasanlæg:  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009: Optimierung der Verfahrenstechnik landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Abschlussbericht, Freising, [www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/13727/biogasendbericht.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/13727/biogasendbericht.pdf)



## Wiggert, Löffingen: Funktionsdygtighed og variationer

### Beskrivelse

Kort efter omlægningen af deres landbrug (ca. 300 ha agerjord, 100 ha græs) til økologisk drift, etablerede familien Wiggert et biogasanlæg (2006) som et supplement til planteavl, ammekvæg og kødproduktion (ca. 80 dyr) på bedriften. Med teknologi fra Agricom, en totalentreprenør med fokus på biogasanlæg til en bred vifte af biomasser, har familien Wiggert haft succes med at køre processen med op til 50 % kløvergræs.

Kontrolorganisation: Bioland

Biomasse input: Driften kører med en blanding af kløvergræs, græs, helsædensilage, majsensilage og kvæggødning med bidrag i forskellige mængder (se tabel 2). Omkring 30 % af den samlede biomasse kan klassificeres som energiafgrøder, altså fra afgrøder der primært dyrkes med formålet at producere energi. Kløvergræs ses ikke som energiafgrøde, da der er behov for den i sædskiftet pga. bidraget til jordens frugtbarhed og opkoncentrering af næringsstoffer. Omkring 10 % af inputtet stammer fra konventionelle afgrøder. Dette inkluderer en del af majsensilagen samt noget af kløvergræsset.

Tabel 2: Biomasseinput Wiggert

Substrat	Andel
Kløvergræs / græs	30-50 %
Helsædensilage (incl. bælgplanter)	20-30 %
Majsensilage	10-20 %
Kvæggødning	15 %

Indfødning: Container med stempel, valser og snegle (Vielfrass).

Reaktorer: Tre reaktorer med intern opvarmning og omrøring (højde: 6 m, diameter: 18 m, 18 m, 20 m), en gylletank med omrører og foliedug (20 m), en gylletank uden overdækning.

Gyllebehandling: Separator mellem første og anden gylletank.

Gasmotor: 530 kW<sub>el</sub> incl. Exhaust turbine.

Opholdstid: ca. 130 dage.

### Erfaringer

Wolfram Wiggert rapporterer om en vellykket drift af anlægget mere eller mindre fra starten. Valget af en totalleverandør med erfaring i at håndtere vanskelige substrater har vist sig at være et værdifuld beslutning.

Stempelcontaineren som indfødningssystem har vist sig at have et lavt energiforbrug samt være rimelig stabilt og at være egnet til de biomasser, der bruges. Mht. kløvergræs og andre biomasser med lange fibre kommer sneglene, der fører fra indfødning til reaktor på hårdt arbejde.

Kort afstand, store snegle: Afstanden fra indfødning til indgangen i reaktoren bør være så kort som muligt (3 m i Wiggerts tilfælde) – ideelt set er indfødingen placeret nær reaktorens top fx ved at udnytte terrænskråning eller en kunstig anlagt bakke. Indfødingsnegle bør ikke gå rundt om hjørner. Dette vil reducere slitage og holde omkostningerne til udskiftninger nede. Sneglene bør have stor diameter og bør være lavet i kvalitetsstål. Så vil de holde længere tid. Wiggert har udskiftet sneglene ca. hver 2-3 år.

Den første reaktor på anlægget er forholdsvis lille. Wiggert ser dette som årsagen til, at det i starten tog relativt lang tid for den biologiske proces at komme i gang. Det løbende behov for mikronæringsstoffer fra Schaumann er øget pga den lille reaktorstørrelse. ” Vi kører altid fermenteringen på kanten af, hvad der er muligt”. Den organiske stofbelastning i den første reaktor er ca. 8 kg oTS/m<sup>3</sup> pr. dag.

Dog har den intensive drift af den lille rektor bidraget til det lave energiforbrug på anlægget (5-6 % af den producerede el), da der har været mindre biomasse, der skulle holdes omrørt. En anden grund til det lave forbrug kan være den høje effektivitet og det høje antal af driftstimer på gasmotoren. Dette forbedrer forholdet mellem energibehovet og energiproduktionen, eftersom total energiforbrug i større grad afhænger af produceret biogas og i mindre grad af driften af gasmotoren.

I 2. reaktor skulle omrøringen forbedres. Der blev installeret en ekstra omrører samt en padelomrører i reaktor 2. Til et nyt anlæg ville Wiggert anbefale tre padelomrører i den første reaktor og 2 padelomrører i den anden/tredje reaktor.

Med en separator er der intet flydelag i den anden lagertank til biogasgylle. Separationen muliggør også mere forskelligartet og fleksibel brug af biogasgyllen. Faren for at svide planterne med udbringning af varm gylle er lav, da anden lagertank ikke er overdækket og derfor gør det lettere for gyllen at køle ned.

Med omkring 3.000 €/kW<sub>el</sub> var investeringen relativ lav i forhold til andre biogasanlæg.

Hvad ville Wiggert ændre, hvis han skulle bygge et nyt anlæg?

- Han ville vælge at investere mere, hvor det giver en større driftssikkerhed i processen
- Den forholds lille byggegrund, der var tilgængelig for anlægget har vist sig at være mindre ideel – en større byggegrund ville have givet mulighed for en mere økonomisk placering af komponenterne (fx reaktorerne i en gruppe i stedet for i en række)
- Han ville måske investere i en større hovedreaktor. Dermed ville man opnå en lavere organisk stofbelastning. Dette ville ifølge driftslederen gøre biogasprocessen lettere at styre og ville sandsynligvis reducere overvågningsbehov, justeringer og den konstante tilsætning af enzymer
- Et større gyllelager ville være gavnligt for at kunne bruge gyllen mest hensigtsmæssigt i planteavl

Wiggert vurderer de vigtigste faktorer for anlæggets succes har været de mange driftstimer på gasmotoren (mere end 8.500 timer pr. år), en høj elektrisk effektivitet på gasmotoren (dual-fuel motor i dette tilfælde) og et lavt energiforbrug i processen.

## Wittenberghof, Stahlbrode: Hydrolyse og recirkulation

### Beskrivelse

Wittenberghof i Stahlbrode/Mecklenburg-Vorpommern er et landbrug med ca. 520 ha agerjord, 130 ha græs og 200 ammekøer. Omlægningen til økologisk drift var fuldført i 2009. Gerald Schulz har på sin bedrift etableret et 500 kW<sub>el</sub> biogasanlæg, der hovedsagligt kører med økologiske bælgplanter, efterafgrøder (ikke bælgplanter) og husdyrgødning. Anlægget er konstrueret som en modificeret udgave af "Rottaler modellen" med delvis anaerob hydrolyse. Biogasproduktionen startede i januar 2012.

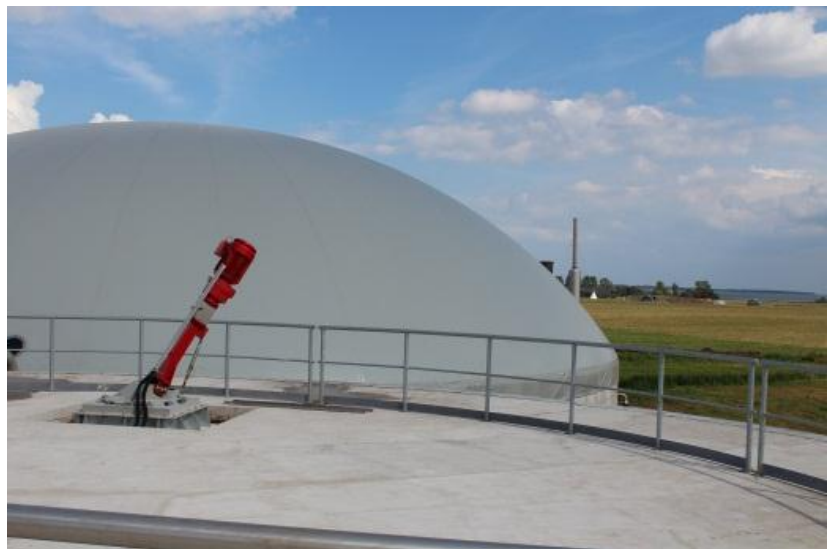


Figure 6: Reaktor med betontop og eftergæringstank/lagertank med gastæt folie overdækning

Kontrolorganisation: EU Organic

Biomasse: ca. 45 % af biomassen består af kløvergræs, lupin og anden ensilage af efterafgrøde. På tidspunktet for dette interview bestod biomasse input af kløvergræs ensilage, havre ensilage, efterafgrøder, kvæggødning og fjerkrægødning.

Tabel 3: Biomasse input Wittenberghof

Substrat	Biomasse pr. år
Kvæg gødning (økologisk)	4.000 ton
Kalkgødning (konventionel pt.)	2.000 ton
Kløvergræs, græs, efterafgrøder (rug, lupin)	3.500 – 5.000 ton

Hydrolyse: 3 kamre på hver 300 m<sup>3</sup> (> 40 kg oTS/m<sup>3</sup> pr. dag). Hydrolysen er termofil (> 50°C), delvis anaerob og svagt sur (pH under 6,5). En kontrolleret mængde luft pumpes ind i biomassen i det anaerobe hydrolysekammer med en lille kompressor for at opnå et iltniveau på 0,5 % i hydrolysen. Der tilsættes recirkuleret biogasgylle.

Hovedreaktor: En reaktor på 1.400 m<sup>3</sup> med et gastæt betondæk (7-8 kg oTS/m<sup>3</sup> pr. dag, nogle gange op til 10 kg)

Lager til biogasgylle/eftergæringstank: En lagertank på 3.400 m<sup>3</sup> (gastæt dug overdækning)

Gasmotor: 600 kW<sub>el</sub>

Gyllebehandling: Separator efter den anden reaktor, tørring af separerede fibre fra biogasgyllen (udstyr fra New Ecotech)

Overskudsvarme: Overskudsvarmen, der dannes af gasmotoren bruges til tørring af gyllens fiberdel. Den oprindelige plan var at levere varme til et nærliggende landbrugsselskab, men dette blev ikke aktuelt, da forhandlingerne med den potentielle energiaftager endte uden resultat.

Pumpning: Pumperne (Vogelsang) er placeret centralt mellem hovedreaktor og lagertank. Dette nedsætter pumpeafstandene. Pumpesystemet er passende til opgaven og fleksibel nok til at håndtere forskellige driftsforhold.



Figure 7: Pumper og rør mellem reaktorerne

System: Systemet til biogasproduktion på dette anlæg er designet af Snow Leopard Projects ([www.snow-leopard-projects.com](http://www.snow-leopard-projects.com)). Projektingeniøren Walter Danner anser dette system for specielt bæredygtigt for biomasser på økologiske landbrug (op til 80 % kløvergræs, hvis resten af biomassen er lettere omsættelig, fx majs eller sukkerroer). Han påstår, at det tilbageværende gaspotentiale i biogasgyllen er højst 0,5 % og beskriver, at biogasanlæg efter hans koncept har opnået et gennemsnit på > 400 NI CH<sub>4</sub> pr. kg oTS. Teknisk set giver systemet en hygiejniseret biogasgylle (den tilhørende certificering for Tyskland er på vej). Af hensyn til økonomien anbefales systemet til en minimumskapacitet for gasmotoren på 250 kW<sub>el</sub> (kontinuerlig produktion).

### **Erfaringer**

Planlægning: Planlægnings- og specielt tilladelsesfasen tog mere end et år længere end forventet.

Byggeri: Byggeprocessen var dårlig koordineret. Byggelederen gjorde ikke sit arbejde godt. Manglen på en dygtig byggeleder forårsagede alvorlige og dyre problemer i det første driftsår (se også nedenfor). De timelønnedes snitflader var dårligt koordinerede; fejl og mangler hos håndværkerne var hverken gennemgået eller udbedret. To eksempler på alvorlige fejl:

- Den anvendte beton var af en kvalitet, der kun var til indendørs brug og som ikke var modstandsdygtig overfor de krævede forhold på et biogasanlæg. Dette forårsagede dyre og tidskrævende ændringer
- De elektriske installationer blev udført uden at lukke amatørkassernes udgange for vand (eller biogasgylle). Dette var årsagen til et alvorligt elektrisk nedbrud på anlægget

Schulz anbefaler på det kraftigste ethvert biogasprojekt at lægge vægt på faglig dygtig og omhyggelig tilsyn med byggeprocessen – penge sparet her er givet ud mange gange ved blot én alvorlig fejl.

Start af produktion: Den indledende opstart af produktionen var langsom, tekniske fejl i byggeprocessen forårsagede alvorlige problemer. Da processen endelig var etableret, kunne den fulde produktion genoptages indenfor få dage, selv efter en længere stilstand i produktionen.

Processen løb løbsk: I april 2012 satte pumpesystemet ud pga. af en konstruktionsfejl. Fermenteringsprocessen i biomassen kunne ikke holdes under kontrol. Dette resulterede i en eksplosion, som forårsagede alvorlige ødelæggelser på anlægget og en total nedlukning af produktionen i næsten 3 måneder.

Produktion af afgrøder: Sandjord, mangel på tilgængelig grundvand og en lang periode uden nedbør (Influert af baltisk klima!) gør kløvergræs til en mindre attraktiv afgrøde for Schulz. Han bruger den derfor hovedsagligt på de ekstensive marker længere væk fra ejendommen. Normalt bruger han en blanding af efterafgrøder incl. lupiner (og også kløvergræs) i et 6 års sædskifte. For at opretholde høstudbyttet er han afhængig af omfattende brug af mellem- og efterafgrøder mellem hovedafgrøderne og på importen af næringsstoffer: brug af husdyrgødning fra andre landbrug, brug af biogasgylle og i fremtiden brug af kompost fra et nærtliggende anlæg som gødning.

I 2011 gav byg et udbytte på ca. 2,2 - 2,5 ton/ha. I 2012, med brug af biogasgylle, var udbyttet omkring 5 ton/ha. Dog kan man pga. den korte driftsperiode og den store indflydelse fra årlige variationer i høstudbytter, ikke sige noget endeligt om biogasgyllets indflydelse på høstudbyttet. Schulz sigter på at opnå kornudbytter på 4-6 ton/ha.

Omrøring: Under normale driftsforhold (ca. 12-13 % tørstof) virker omrøringen i reaktoren efter hensigten. Men så snart tørstofindholdet stiger bliver omrøringen vanskeligere. For at sikre, at biomassen stadig kan omrøres, skal der tilsættes væskefraktion fra separeret gylle eller vand. Med den pastaagtige biomasse er omrøring og tilstrækkeligt vandindhold afgørende for gæringsprocessen, men også vigtig for, at gasboblerne i biomassen kan slippe og bevæge sig opad og blive opsamlet i toppen af reaktoren. Effektiv omrøring er også vigtig for lagertanken /eftergæringstanken. Flydelag/bundfald og lagdeling kan kun undgås i lagertanken, hvis hele tanken kan holdes omrørt. Hvis der sker en lagdeling vil færre fiberdele fra tanken ledes til separatoren og denne vil ikke kunne separere effektivt.

Udstyret til omrøring i reaktorerne er ikke tilstrækkeligt til alle situationer og mere robust udstyr burde vælges til et nyt anlæg. Specielt udstyr fra Armatech-FTS vurderes at være utilstrækkeligt. Schulz ville ift. omrøring sørge for at anskaffe udstyr med højere effekt.

Trods problemet med fejlagtige konstruktioner er Schulz overbevist om, at systemet han har investeret i, er passende til hans behov. For ham er den effektive omsætning af en lang række forskellige biomasser prioriteret højest. Han anser muligheden for at bruge billige biomasser, som udelukkende kræver høst og transport for at have stor betydning for økonomien i produktionen.

Effektiviteten af forgæringen: For Schulz viser systemets effektivitet sig ved et tilbageværende gaspotentiale i biogasgyllen på 0,32 % efter 2 dage i hvert hydrolysekammer (termofil) og kun 16 dage i hovedreaktoren.

## Krumbecker Hof: Standardsystem med utraditionel biomasse

### Beskrivelse

Økologisk planteavl med lav husdyrbelægning på i dag 230 ha har været fokus for Krumbecker Hof i Stockelsdorf/Scleswig-Holstein i 21 år. På den samme ejendom er der økologisk grønsagsproduktion. Mens planteproduktionen er certificeret af Naturland er grønsagsproduktionen Demetergodkendt. I juni 2010 blev der startet en biogasproduktion for at øge jordens frugtbarhed og udbyttet af afgrøderne og for at producere vedvarende energi. Driftsleder Gerhard Moser nævner næringsstoffhåndtering og jordens frugtbarhed som de væsentligste årsager i beslutningen om at lave biogas: "Beslutningen stod mellem at øge kvægbesætningen eller etablere biogasproduktion." Efter hans vurdering er biogasproduktion et bæredygtigt alternativ til kvæghold, også set fra en biodynamisk synsvinkel.

Kontrolorganisation: Naturland / Demeter.

Totalleverandør: AgriKomp GmbH  
 ([www.biogastechnik.de](http://www.biogastechnik.de))

Biomasse input: Driften kører med en blanding af kløvergræs, husdyrgødning og restprodukter fra økologisk mølle-industri, der bidrager med biomasse af varierende kvalitet (tabel 4). For at opnå bonus-betaling for elektriciteten (gylle-bonus) skal 30 % af biomasseinputtet være gylle eller gødning fra andre bedrifter. Dette er en af årsagerne til, at der bruges kyllinge- og kvæggødning udefra.



Figure 8: Restprodukter fra mølleindustrien

For tiden er 40 % af afgrødearealet sået til med kløvergræs. Eftersom dette er langt mere end nødvendigt i forhold til at have frugtbar jord, må omkring 10 % af den totale biomasse anses for at stamme fra "energi afgrøder", hvilket betyder afgrøder produceret med energiproduktion for øje. Det er fremover planlagt kun at have 30 % kløvergræs på arealet (vha. mere effektiv produktion og øget antal ha). På nuværende tidspunkt stammer omkring 20 % af biomasseinput fra konventionel gødning.

Tabel 4: Biomasseinput Krumbecker Hof

Substrat	Andel
Kløvergræs ensilage	60 %
Tør kyllingegødning (økologisk), kvæggødning, hestemøg (økologisk/konventionel)	30 %
Mølleri restprodukter (økologisk) og hestemøg	10 %
Biomasse fra konventionelle landbrug (kvæggødning)	20 %

Indfødnig: Stempelcontainer "Vielfraß top" og snegl

Reaktorer: Hovedreaktor med intern opvarmning og omrøring (900 m<sup>3</sup>), eftergæringstank med intern opvarmning og omrøring (1.800 m<sup>3</sup>), en åben gylletank på 1.500 m<sup>3</sup>. Reaktorstørrelsen tillader en opholdstid på mere end 150 dage og en moderat organisk stof belastning på mindre end 4 kg oTS/m<sup>3</sup> pr. dag.

Omrøring: Padelssystemet "Paddelgigant" i hovedreaktoren. To neddykkede omrører i eftergæringstanken.

Gyllebehandling: Separator "Quetschprofi" mellem eftergæringstank og gylletank.

Gasmotor: 160 kW<sub>el</sub>

El-forbrug: El-behovet til driften af anlægget skaffes fra egne vindmøller, når det er tilgængeligt (vedvarende energi, billigere end el fra det nationale el-net).

Metan emissioner: Metan emissioner analyseres regelmæssigt.

Overskudsvarme: Den overskydende varme, der produceres, bruges til varme og varmt vand til 10 husstande på bedriften samt til landbrugsbygninger og til korntørring.

### **Erfaringer**

Økologisk certificering: Det var nødvendigt med godkendelse fra de økologiske landbrugsorganisationer Demeter og Naturland. Mens Demeter tillader brug af kvæggødning fra konventionelle landbrug i visse tilfælde, må den samme gødning ikke have været gennem et biogasanlæg. Fra Mosers synsvinkel harmonerer disse regler ikke med virkeligheden, når de skyldes en skepsis overfor biogasyllens indflydelse på jordkvaliteten. Han påstår, at biogasanlæg med dens gæringsproces tilfører kvalitet til biomassen, som er relativt tæt på beskaffenheden af husdyrgødning – en forbedring af situationen på Demeter planteavlsejendomme med lav husdyrbelægning.

Biomasseinput: Blandingen af biomasseinput er særlig krævende, specielt for omrører- og pumpeudstyr, men som helhed brugbart. Moser er specielt tilfreds med brugen af mølleri restprodukterne: Deres



Figure 9: Indfødnig, hovedreaktor og lagertank (længst mod højre)



Figure 10: Omrøringsudstyr "Paddelgigant" (leverandørfoto, ikke fra Krumbecker Hof). Photo: AgriKomp

metanproduktion svarer til den for hele korn. Og hvad er endnu bedre, det behøver ikke knuses eller slås i stykker og fordi det er rig på små, støvede partikler, blander det sig fint med ensilage og forbedrer bevægelsen af biomassen ind i reaktoren.

Indfødning: Indfødningssystemet fungerer, slitagen (specielt på snegle) er forholdsvis høj. Sneglen til biomassetransport er allerede blevet udskiftet – til de nye reservedele blev der brugt rustfrit stål.

Omrøring: Moser anbefaler, som de fleste driftsledere i denne undersøgelse at bruge kraftfuldt omrøringsudstyr til den anvendte biomasse. Omrøringsudstyret på hans anlæg kan normalt klare biomassen. Dog resulterede en stigning i tørstofindholdet i problemer med omrørerne, specielt i hovedreaktoren. Transmitteren på padelsystemet "Paddelgigant" skulle udskiftes allerede efter to års drift. Med en øget reaktortemperatur fra 43 til 46°C i løbet af de sidste måneder er biomassen blevet lettere at omrøre med en signifikant reduktion i energibehovet til omrøring.

Totalleverandør: Moser er stort set positiv overfor at vælge en totalleverandør, der tilbyder et komplet system. AgriKomp systemet virker godt, og firmaet har erfaring med biogasproduktion med vanskelig biomasse. På den anden side var han ikke tilfreds med noget af arbejdet, der blev lavet under byggeriet; der var alvorlige serviceringssfejl i opstartsfasen af produktionen og langstrakt diskussion om ansvaret for skader opstået som følge af forkert servicering. Tvisterne er nu afgjort og Moser stoler igen på AgriKomps produkter, da separatoren kom i drift i sommeren 2012.

Med hensyn til reservedele anbefaler han, at sammenligne de originale dele med reservedele fra andre firmaer. Med rustfri stålsnegle til biomassetransport fra indfødning til reaktoren fandt han væsentlige prisforskelle, på trods af sammenlignelig eller bedre kvalitet.

Produktionsstart: I opstarten af produktionen blev der lavet en serviceringssfejl, der forårsagede betydelige problemer. Servicefolkene fyldte en forkert væske i varmevekslerne, gummipakningerne blev opløst og varmevekslerne fungerede ikke længere korrekt. Konsekvensen var, at temperaturen i reaktorerne faldt, hvilket gav problemer med gæringsprocessen og en mere tyktflydende biomasse. Omrørerne i eftergæringsreaktoren blev beskadiget på grund af den usædvanligt høje belastning.

Økonomi: Selvom fejlagtigt materialevalg og konstruktion havde en negativ indflydelse på specielt de første måneders produktion ser Moser de vigtigste fordele ved biogasproduktion i en vedvarende stigning i høstudbyttet og i det faktum, at kløvergræs nu er blevet en salgsafgrøde.

Afgrøder: Moser beskriver en forøgelse på omkring 30 % i kornudbyttet. Dog kommer denne oplevelse kun fra et års erfaring. Samtidig var der en stigning i ukrudtsmængde, som Moser anser som et resultat af den øgede mængde tilgængelige næringsstoffer.

Håndtering af biogasygille: For at opnå en bedre næringsstofhåndtering, blev der sat en separator i drift i sommeren 2012. På tidspunktet for dette interview var vandindholdet i fiberdelen alt for højt. Dette ser ud til at være en undtagelse, eftersom Moser er tilfreds med separatorens normaldrift. Det meste af det producerede substrat har indtil nu været rimelig tørt og ligger i en stak uden synlig lækage. Moser overvejer at lave en fast og tæt bund til opbevaring af den faste del af det afgassede materiale.



Med hensyn til den flydende biogasgylle (separeret som usepareret) advarer Moser mod udbringning af biogasgylle, der stadig er varm fra forgæringsprocessen. Dette kan give betydelige tab af ammoniak samt svide planterne. På hans anlæg, hvor der er en åben lagertank falder temperaturen forholdsvis hurtigt.



Figure 11: Den faste fraktion af separeret biogasgylle