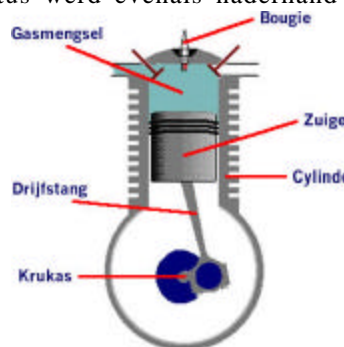


Gasmotor

Technologie Gasmotor
 Brandstof Biogas, producergas, stortgas

Beschrijving van de technologie

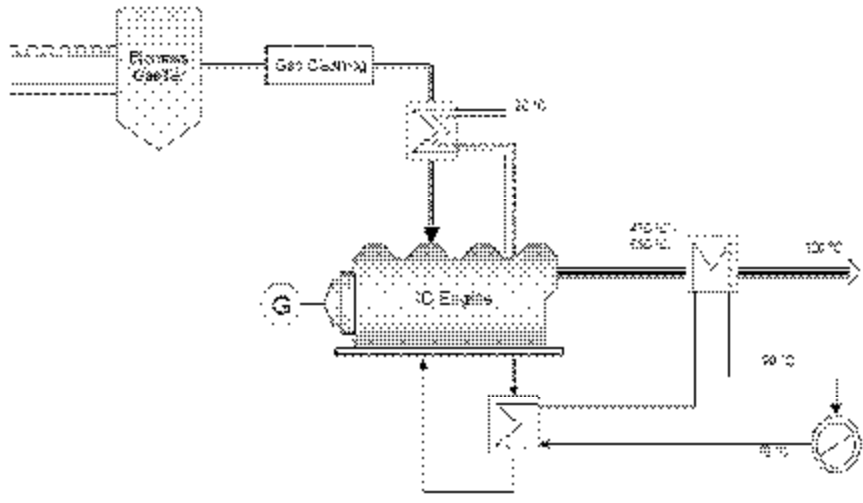
De Duitse uitvinder Otto begon in 1861 met de ontwikkeling van de gasmotor, waarvan de doorontwikkelde viertak benzinemotor in enorme aantallen is geproduceerd. De term gasmotor is afkomstig van de eerste prototypes die producergas gebruikten als brandstof; later werd een vloeistof gebruikt (spiritus en benzine). De spiritus werd evenals naderhand de benzine verdampt in de aangezogen verbrandingslucht, zodat het eigenlijk toch een gasmotor is. De normale gasmotor werkt volgens het viertaktprincipe, waarbij een zuiger in een cilinder vier werkslagen kent, zie figuur 1 en 2. Bij de aanzuigslag wordt een mengsel van brandstofgas en lucht aangezogen. De inlaatklep staat dan open. In de compressieslag zijn de kleppen gesloten en wordt het mengsel samengeperst. Vlak voor het eind van deze slag wordt het mengsel met de bougie ontstoken. Het mengsel verbrandt, waarbij druk en temperatuur snel stijgen. In de expansieslag wordt de arbeid geleverd. Daarna wordt het mengsel in de vierde slag van de zuiger bij geopende uitlaatklep afgevoerd naar het uitlaatsysteem.



Moderne gasmotoren hebben vaak een turbocharger. De hete uitlaatgassen drijven dan via een expansieturbine een luchtcompressor aan. Daardoor kan de motor aanzienlijk meer vermogen leveren en neemt ook het rendement toe. Bij veel turbogasmotoren worden verbrandingslucht en brandstof gemengd, voordat de lucht door de turbo in druk wordt verhoogd. Daardoor behoudt men een belangrijk voordeel van de gasmotor. Dat is de geringe gasdruk, die nodig is om de motor te laten werken.

Het vermogen van de gasmotor wordt geregeld met een smookklep in de inlaat van de verbrandingslucht. Het rendement aan de as van de motor is afhankelijk van type brandstof. Aardgas bestaat vrijwel volledig uit methaan, biogas bevat een aanzienlijk deel CO₂ terwijl producergas veel waterstof bevat wat snel ontsteekt. Afhankelijk van het type brandstof moet het ontstekingstijdstip worden bijgesteld. De warmte van het motorkoelwater, de oliekoeler, de uitlaatgassen en de intercooler bij een turbo kunnen worden benut voor verwarming. De gasmotor is een bewezen technologie [2], echter op gasvormige brandstoffen afkomstig uit biomassa dienen m.n. stofdeeltjes, teer, halogenen en zuren te worden verwijderd.

Processchema



Gasmotoren leveren i.h.a. weinig emissies. Door de grote aantallen zijn de eisen echter vrij streng en levert afhankelijk van type gas soms problemen met NO_x en CO. Er zijn twee mogelijke oplossingen om deze emissies te beperken; een drieweg-katalysator (alleen mogelijk bij stoichiometrische verbranding; $\lambda=1$, deze techniek wordt weinig meer toegepast) of relatief meer toevoer van lucht (arm mengsel verbranding; $\lambda>1$) waardoor de verbrandingstemperatuur daalt en daarmee de thermische NO_x .

Voordelen gasmotor

De gasmotor wordt wereldwijd in grote aantallen toegepast in met name de auto industrie, maar dit type motor wordt ook veel als stationaire motor toegepast op stortgaslocaties, offshore, etc. Door de jaren is de gasmotor steeds verder ontwikkeld en door de seriematige productie zijn de kosten lager dan bij andere opkomende technologieën zoals ORC en Stirling motoren [3]. Andere voordelen zijn:

- grote mogelijke range van capaciteiten (5 kW tot enkele MW)
- regelbaar vermogen
- zowel mobiel als stationair toepasbaar
- ideaal voor zelfaandrijvende applicaties waar snelle verandering van vermogen is vereist
- toepasbaar voor diverse brandstoffen.

Nadelen gasmotor

De hoeveelheid H_2S in biogas moet worden teruggebracht tot <1000 ppm [4] om corrosie te voorkomen. Voorbehandeling is nodig, ook het verwijderen van waterdamp uit het biogas [4] zal de kwaliteit van het proces verbeteren. Andere nadelen zijn:

- relatief veel onderhoud nodig
- het hoge geluidsniveau: 50-65 dBA, effectieve geluidsisolatiemaatregelen zijn noodzakelijk [5]
- relatief hoge emissies t.o.v. andere WKK systemen [3]. De verbranding in gasmotoren is nooit volledig: de zuigers kennen een zg. 'slijp' waardoor een klein deel (ca. 1%) de cilinder onverbrand verlaat. Zo bevat productergas een aanzienlijk deel CO en zal de CO emissie aanzienlijk zijn (1000 ppm) mits geen maatregelen worden getroffen.

Tabel 1 Technische gegevens

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Vermogen op vollast	kW _{th}	30-600 [6]
	kW _e	5-10.000 [6][4]
Netto energetisch rendement vollast		
Elektrisch	%	Ca. 35
Thermisch	%	Ca. 50
Totaal	%	Ca. 85
Technische beschikbaarheid en levensduur		Beschikbaarheid is 7500-8400 uren en de levensduur is rond de 10 jaar, afhankelijk van draaiuren, belasting en gaskwaliteit
Brandstof		Biogas, Producergas, stortgas en syngas
Eisen brandstofkwaliteit		Temperatuur: zo laag mogelijk, d.w.z. bij voorkeur omgevingstemperatuur Teer: dauwpunt < 10 °C [10] Stof: 50 mg/Nm ³ zwavelverbindingen: 1000 ppm chloorverbindingen: 50 mg/Nm ³ fluorverbindingen: 25 mg?Nm ³
Temperatuurniveau geleverde warmte	°C	80 – 90 [9]

Knelpunten technische ontwikkeling

Gasmotoren worden in grote aantallen door diverse leveranciers gebouwd en is een bewezen technologie. Resterende “knelpunten” zijn het geluidsniveau en emissies. Gasmotoren worden meestal in geluidsisolerende behuizing geleverd. Zoals eerder aangegeven kunnen de emissies op twee manieren worden gereduceerd. Bij het gebruik van een katalysator wordt de NO_x emissies en onverbrande koolwaterstoffen omgezet. De katalysator werkt uitsluitend bij een ‘rijk’ mengsel ($\lambda=1$) en levert daardoor een lager mechanisch rendement [6].

Milieu

Emissies van motoren worden veelal gerelateerd aan de lambda factor; de verhouding gas ten opzichte van de lucht. Lambda = 1 betekent exact de benodigde hoeveelheid lucht tov de hoeveelheid brandstof, de stoichiometrische hoeveelheid. Een lambda factor van 1,7-1,8 (70-80% lucht overmaat) is vrij gebruikelijk. Verder is het belangrijk om de emissies te relateren aan de hoeveelheid zuurstof in the uitlaatgassen.

De emissie-eis bij 5 % O₂ is voor NO_x 140 g/GJ of $443 \cdot 1 / 30 \cdot$ rendement in mg/Nm³.

In de praktijk is de uitstoot < 500 mg/Nm³ en voor CO < 650 mg/Nm³; NMHC < 150 mg/Nm³.

Investeringskosten

Investeringskosten zijn met 500 a 1400 €per kW_e laag t.o.v. andere WKK opties [4][6].

Huidige marktsituatie en de stand der techniek gasmotoren met biomassa

Gasmotoren worden seriematig geproduceerd. In onderstaande tabel worden slechts enkele van de vele voorbeelden van installaties gegeven, daarnaast worden enkele leveranciers belicht.

REFERENTIES

	Range	Brandstof	Voorbeelden van installaties
Divers	5 kW – 3 MWe	Aardgas	Huishoudens, offshore
Gebr. Oude Lenferink	170 kWe 253 kWth	Biogas	Maximale totale elektriciteitsopbrengst 1,4 miljoen kWh/jaar (467 huishoudens)
SenerTec DACHS (dochtermaatschappij van Baxi)	5.5 kWe 12.5 kWth	Biogas	Ongeveer 10.000 units zijn geïnstalleerd in kleine commerciële gebouwen en huizen in Duitsland en ongeveer 100 in Nederland in oktober 2004, onbekend is hoeveel hiervan op biogas draaien [7][8].
Eigenaar: Ecopower Fabrikant: Power Plus Technologies (dochtermaatschappij van Vaillant).	4.7 kWe 12.5 kWth	Biogas	Honderden units zijn geïnstalleerd in Duitsland in kleine commerciële gebouwen en huizen, onbekend is hoeveel hiervan op biogas draaien [7][8].
Alliant Energy	100-190 kW	Biogas	Deere Ridge Dairy (140 kW) Double S Dairy (190 kW) Top Deck Dairy (100 kW)
The Shaw Group		Stortgas	www.shawgrp.com
Thecogas Biogastechniek BV	± 70 kW	Biogas	www.thecogas.nl
Jenbacher	300 kWe – 3 MWe	o.a. producergas	www.jenbacher.com
Deutz Power Systems BV	180 kWe – 2 MW	o.a. biogas	www.deutz.nl
Pon Power (Caterpillar)	190 kWe- 6 MWe	o.a. biogas	www.pon-cat-nlpp.cat.com
Man Rollo	34 – 360 kWe	o.a. producergas	www.manrollo.nl
Caterpillar	190 kWe- 6 MWe	o.a. biogas	www.caterpillar.com
Waukesha	100 – 1000 kWe	o.a. biogas	www.waukeshaengine.com
Tedom	81 – 150 kWe	o.a. biogas	www.tedom.com
Geveke Motoren		o.a. biogas	www.gevekemotoren.cat.com
Dordtech Engineering	345kW – 3MW		www.dordtech.nl

Referenties

- [1] SCS Engineers (1997). *Comparative Analysis Of Landfill Gas Utilization Technologies*, Northeast Regional Biomass Program
- [2] Wellinger, A. en A. Lindberg (2001). *Biogas Upgrading and Utilisation*. IEA Bioenergy. Task 24: Energy from biological conversion of organic waste.
- [3] Rutkowski, A. (2004). *Generating Energy from Wastewater Treatment Facilities*, Energy on Demand, Alliant Energy (presentatie)
- [4] M. Haren en R. Fleming, (2005). Electricity and Heat Production Using Biogas from the Anaerobic Digestion of Livestock Manure - Literature Review. Ridgetown College – University of Guelph.
- [5] Laag, P.C. van der, en G.J. Ruijg (2002). Micro-warmtekrachtsystemen voor de energievoorziening van Nederlandse huishoudens
- [6] SenterNovem, (2005). [Biomassa Technologie Matrix](#)
- [7] Cogen Europe (2005). *Micro-CHP Fact Sheet Germany*
- [8] Cogen Europe (2005). *Micro-CHP Fact Sheet Netherlands*
- [9] OPET (2002). *Micro and small-scale CHP from Biomass (<300kWe)*
- [10] ECN (2006). Gasification of non-woody biomass, ECN-C-06-032