

Internationale Bio- & Deponiegas Fachtagung in Berlin 2015

Aktueller Stand von Gasmotorenteknik: insbesondere
Wirkungsgrade und Schwachgasverwertung,
Möglichkeiten des Repowering,
Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Repowering

Internationale Bio- & Deponiegas Fachtagung in Berlin 2015

- ✓ Wirkungsgrade
 - ✓ Repowering
- ✓ Wirtschaftlichkeit
- ✓ Schwachgasnutzung

Wirkungsgrade

1988

Großdiesel: 45%

VW TDI: 43%

Wirkungsgrade

Deponiegascontaineranlage DCA 12 / 234

Deponiegas NO_x 500 mg/m_n^3

Energiebilanz (1)

	IFCN	100%	75%	50%
Brennstoff (2)	kW	881	463	336
Elek. Leistung	kW	288	143	95
Kühlwasser (3)	kW	309	168	133
Abgas (3)	kW	183	95	66
NT- Kreis (3)	kW	-	-	-
Nutzwärme (gesamt) (3)	kW	492	263	199
Strahlung Motor + Gen.	kW	20 + 10	20 + 10	20 + 10
Wirkungsgrad (elek.)	%	32,7	30,9	28,3
Wirkungsgrad (therm.)	%	55,8	56,8	59,2
Wirkungsgrad (gesamt)	%	88,5	87,7	87,5

Motor (1) Deutz TBG 234V12

Mech. Leistung	kW	303	150	100
Mittlerer effekt. Druck	bar	11,21	5,55	3,7
Motorkühlwasser	m^3/h	28,06		
Heizkreis	m^3/h	20,86		
NT-Kreis	kW	-		
Kühlluft	$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$	7 025		
Zuluft gesamt	$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$			
Temperaturniveau (Motor)	$^{\circ}\text{C}$			
Temperaturniveau NT-Kreis	$^{\circ}\text{C}$			
Brenngasverbrauch	$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$			

Biogas-Anwendungen

$\text{NO}_x \leq 500 \text{ mg}/\text{m}_n^{3,11}$
 Klärgas (65 % CH_4 / 35 % CO_2)
 Biogas (60 % CH_4 / 32 % CO_2 , Rest N_2)
 Deponiegas (50 % CH_4 / 27 % CO_2 , Rest N_2)

Motortyp		TCG 2016 V08 C	TCG 2016 V12 C	TCG 2016 V16 C
Elektrische Leistung ²⁾	kW	400	600	800
Mittlerer effektiver Druck	bar	19,0	18,9	18,9
Thermische Leistung ³⁾	$\pm 8\%$ kW	398	608	810
Elektrischer Wirkungsgrad	%	42,5	42,5	42,5
Thermischer Wirkungsgrad	%	42,3	43,0	43,0
Gesamtwirkungsgrad	%	84,8	85,5	85,5

Deponiegascontaineranlage DCA 12 K 616

Deponiegas NO_x 500 mg/m_n^3

Energiebilanz (1)

	IFCN	100%	75%	50%
Brennstoff (2)	kW	1282	996	699
Elek. Leistung	kW	469	352	234
Kühlwasser (3)	kW	412	281	205
Abgas (3)	kW	234	220	154
NT- Kreis (3)	kW	27	19	12
Nutzwärme (gesamt) (3)	kW	646	501	359
Strahlung Motor + Gen.	kW	30 + 16	30 + 16	30 + 16
Wirkungsgrad (elek.)	%	36,6	35,3	33,5
Wirkungsgrad (therm.)	%	50,4	50,4	51,3
Wirkungsgrad (gesamt)	%	87,0	85,8	84,8

Motor (1) Deutz Energy TBG 616V12K

W	485	364	243
bar	14.8	11.1	7.4
m^3/h	32.11		
m^3/h	28.49		
m^3/h	10.1		
$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$	10,552		
$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$	12,456		
$^{\circ}\text{C}$	78 / 90		
$^{\circ}\text{C}$	40 / 42,4		
$\text{m}^3_{i,N}/\text{h}$	256.4	199.2	139.8

Mindest-Heizwert $H_u = 5,0 \text{ kWh}/\text{m}_n^3$
 Trockene Abgasrohre

Wirkungsgrade

Entwicklung der Nennleistung und elektrischer Wirkungsgrade ausgewählter Aggregate

	<i>Hersteller</i> MAN		<i>Hersteller</i> GE Jenbacher		<i>Hersteller</i> DEUTZ/MWM/ CES	
	<i>Aggregat</i> E2842		<i>Aggregat</i> JMS 312/ J312		<i>Aggregat</i> TBG620VI6K/ TCG2020VI6	
<i>Jahr</i>	<i>el. Leistung [kW]</i>	<i>el. Wirkungsgrad</i>	<i>el. Leistung [kW]</i>	<i>el. Wirkungsgrad</i>	<i>el. Leistung [kW]</i>	<i>el. Wirkungsgrad</i>
1997	325	35,4%	495	37,70%	1358	40,00%
2005	344	37,0%	635	40,00%	1558	42,00%
2014	400	38,8%	637	41,10%	1560	43,20%
<i>Veränderung</i>						
2005-1997	105,8%	104,5%	128,3%	106,1%	114,7%	105,0%
2014-2005	116,3%	104,9%	100,3%	102,8%	100,1%	102,9%
2014-1997	123,1%	109,6%	128,7%	109,0%	114,9%	108,0%

Quelle: Hersteller/ BHKW-Kenndaten(ASUE)

Wirkungsgrade

DEUTZ TBG620VI6K, Erdgas

NOx 500 mg/mn³

MZ > 70

Theorie

Energiebilanz (1)

und

IFCN	100%	75%	50%
kW	3.394	2.625	1.840
kW	1.364	1.024	680
kW	624	474	353
kW	928	751	528
kW	112	76	45
kW	1.552	1.225	881
kW	107	98	92
%	40,2	39,0	37,0
%	45,7	46,7	47,9
%	85,8	85,7	84,9

Praxis

Regelbetrieb mit 1280 kWel

Mittelwert über 12.000 Betriebsstunden

262,4 Nm³/Mwh el, Hi=9,8 kWh/Nm³

Wirkungsgrade

MWM TCG2020V I 6, Erdgas

Theorie

und

Praxis

Energiebilanz

		100	75
Last:	[%]		
Elektrische Klemmenleistung COP nach ISO 8528-1:	[kW]	1560	1170
Kühlwasserwärme:	[kW ±8%]	774	590
NT-Gemischkühlerwärme:	[kW ±8%]	134	93
Ölwärme:	[kW ±8%]		
Abgaswärme bei Rückkühltemperatur:	[kW ±8%]	806	660
Abgastemperatur:	[°C]	430	454
Abgasmasse feucht:	[kg/h]	8530	6456
Verbrennungsluftmasse:	[kg/h]	8248	6239
Strahlung Motor / Generator:	[kW ±8%]	54 / 46	52 / 37
Brennstoff-Einsatz:	[kW+5%]	3608	2779
Elektrischer / thermischer Wirkungsgrad:	[%]	43,2 / 43,8	42,1 / 45,0
Gesamt-Wirkungsgrad:	[%]	87,0	87,1

Regelbetrieb mit 1280 kWel
Mittelwert über 4.000 Betriebsstunden
237,6 Nm³/Mwh el, Hi=9,8 kWh/Nm³

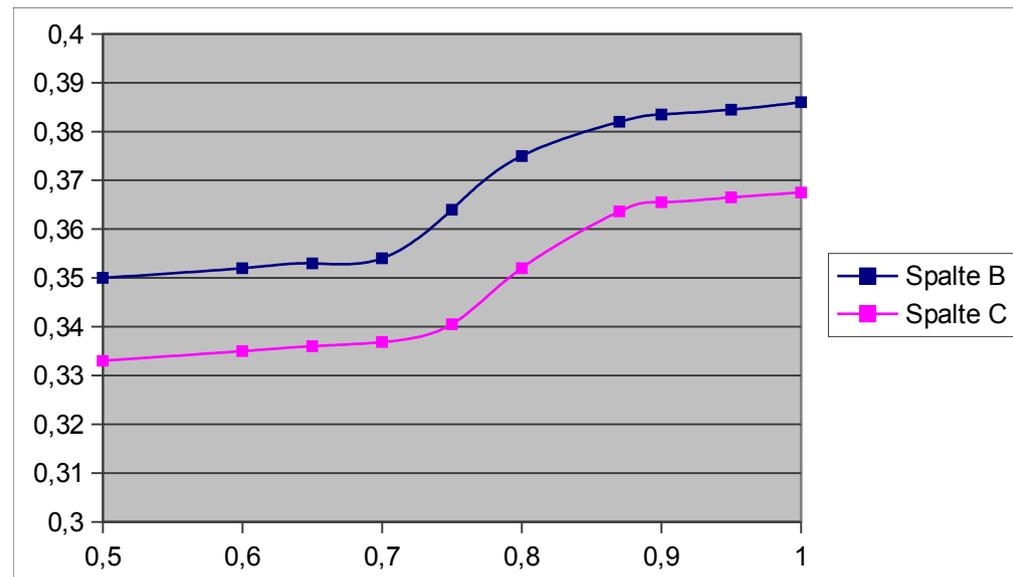
Wirkungsgrade

DEUTZ TBG620VI6K, Deponiegas

Theorie

und

Praxis



Wirkungsgrade

MAN 2848 LE 322, Biogas

Theorie

Nennleistung 255 kWel,
Wirkungsgrad 38,8%

und

Praxis



Wirkungsgrade

GE JENBACHER JMS 316 GS-N.L Deponiegas

Theorie

TECHNISCHE DATEN											
	mech. Leistung 1) kW	elektr. Leistung 2) kW	nutzbare Wärme 3) kW	Energie- einsatz 4) kW	mech. %	elektr. %	them. %	ges. %	mittl. Druck bar	GKW 5)°C	MZ 6)
6) BIOGAS - LEANOX - MODULE 1500 1/min											
NOx < 500 mg/Nm³											
JMS 316 GS-B.L	861	836	1.010	2.154	39,97	38,81	46,88	85,70	17,70	50	100

und

Praxis

Betrieb mit 525 kWel
364 m³/h, Methangehalt 51%

Betrieb mit 450 kWel
331 m³/h, Methangehalt 48%

Aktuelle Aggregate Biogas (Auswahl)

Nennleistung und elektrischer Wirkungsgrade ausgewählter Aggregate			
Angaben nach ISO 3046/1, Biogas CH ₄ :60%, NO _x <500mg/Nm ³			
<i>el. Leistung [kW]</i>	<i>el. Wirkungsgrad</i>	<i>Aggregat</i>	<i>Hersteller</i>
104	38,0%	E0836LE202	MAN
155	40,3%	G944	LIEBHERR
166	37,8%	CENTOTI60 Spbio	TEDOM
171	34,80%	TCG2015V6	DEUTZ
237	40,40%	G946	LIEBHERR
250	42,40%	Agenitor 406	2G
259	38,90%	J208C225	GE JENBACHER
500	41,10%	TCG2016V08C	MWM/CES
500	41,30%	G9512	LIEBHERR
532	39,20%	E3262LE202	MAN
526	41,10%	J312D225	GE JENBACHER

Quelle: Hersteller/ BHKW-Kennndaten(ASUE)

Repowering

Gründe

- Teilverfügbarkeit
- Auslastung
- Nutzungsänderung

Repowering



Dipl. Ing. E. Schwarz

Büro für Energie

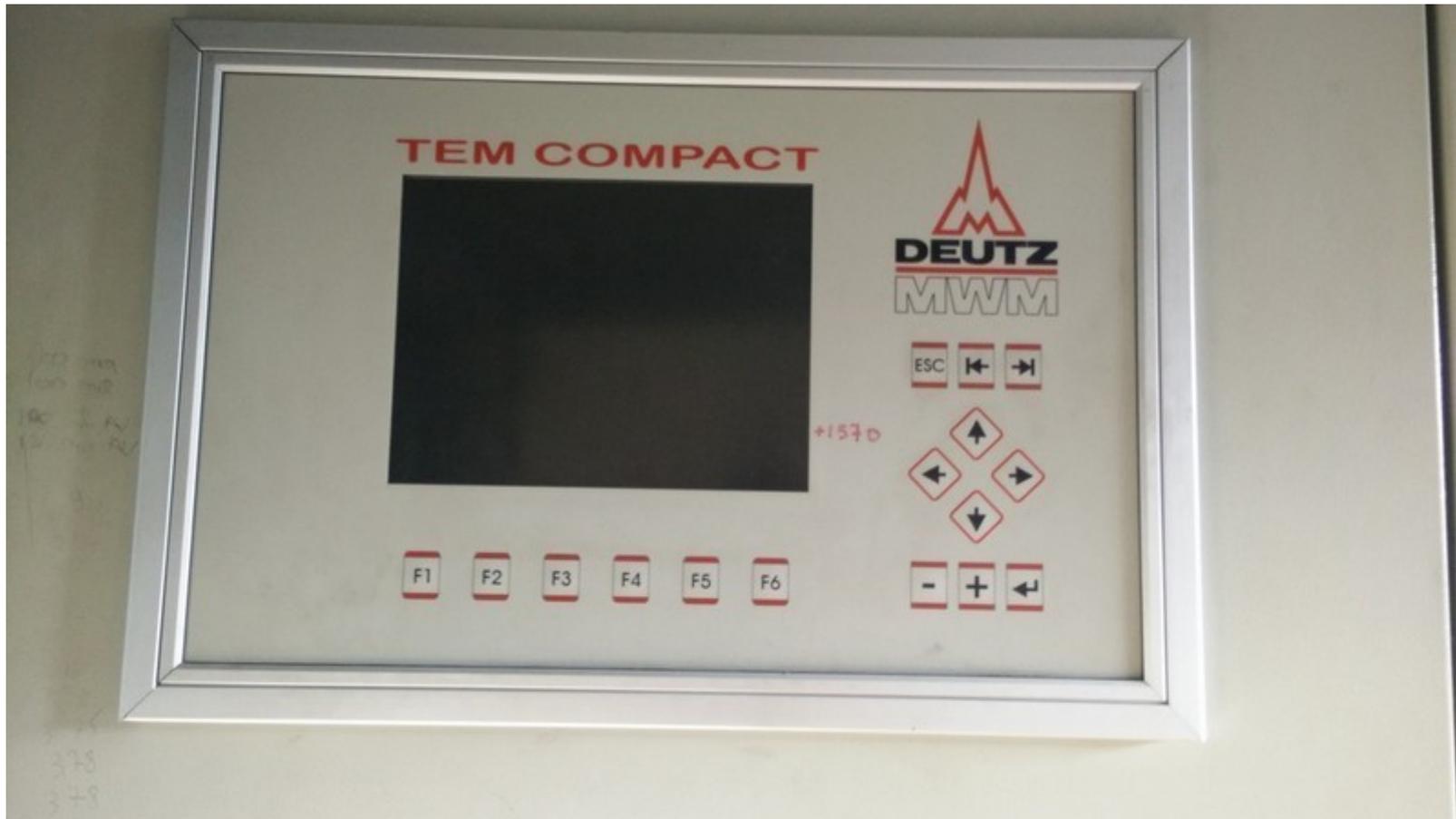
Repowering



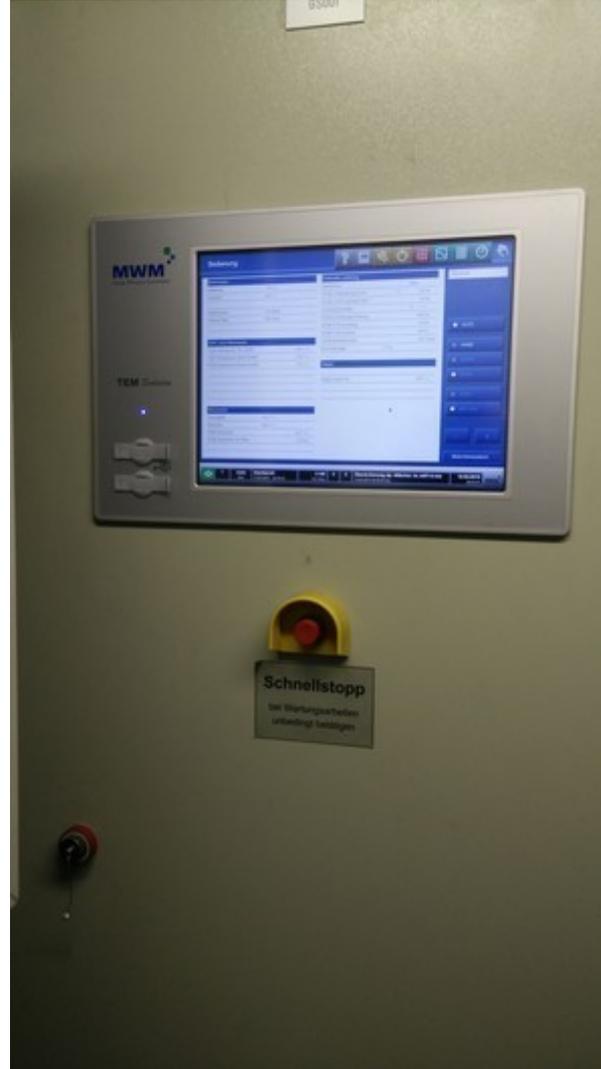
Dipl. Ing. E. Schwarz

Büro für Energie

Repowering



Repowering



Repowering



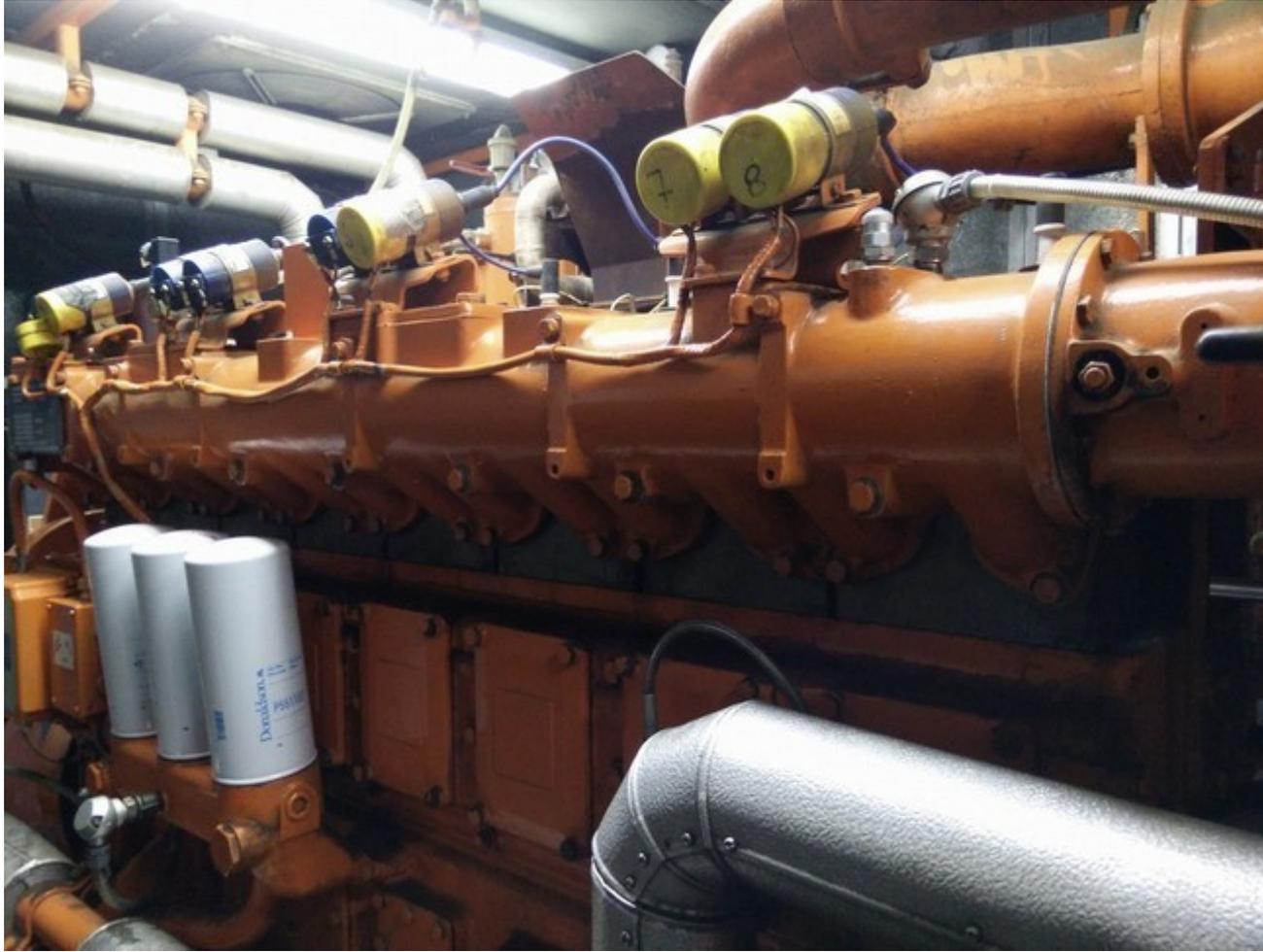
Dipl.-Ing. E. Schwarz

Büro für Energie

Repowering



Repowering



Repowering



Repowering



Repowering

Bei eh-da Kosten für

→ Überholung

→ Schaden

Wirtschaftlichkeit

Effekte

- Nutzungsgrad
- Instandhaltungskosten
- Vermarktung

Beispielrechnung

→ 300 kWel

Repowering

Wirtschaftlichkeit I

Investitionen	
Aggregat	150 T€
Anpassung Anschlüsse Gas, Abgas Kühlwasser	20 T€
Verkabelung	20 T€
Steuerung	30 T€
Summe	220 T€
Vermiedene Instandsetzungskosten	50 T€
<u>Rest</u>	<u>170 T€</u>

Wirtschaftlichkeit 2

Stromerzeugung

El. Leistung	300 kW
Differenz el. Leistung	10 %
Jahresnutzungsdauer	7.500 h
Differenz Verfügbarkeit	3 %
	225 h/Jahr
Differenz Stromerzeugung	
Wirkungsgrad [kWh]	225.000 kWh
Verfügbarkeit [kWh]	74.250 kWh
<u>Mehr-Erzeugung</u>	<u>299.250 kWh</u>

Repowering

Wirtschaftlichkeit 3

Rentabilität

Deponiegas

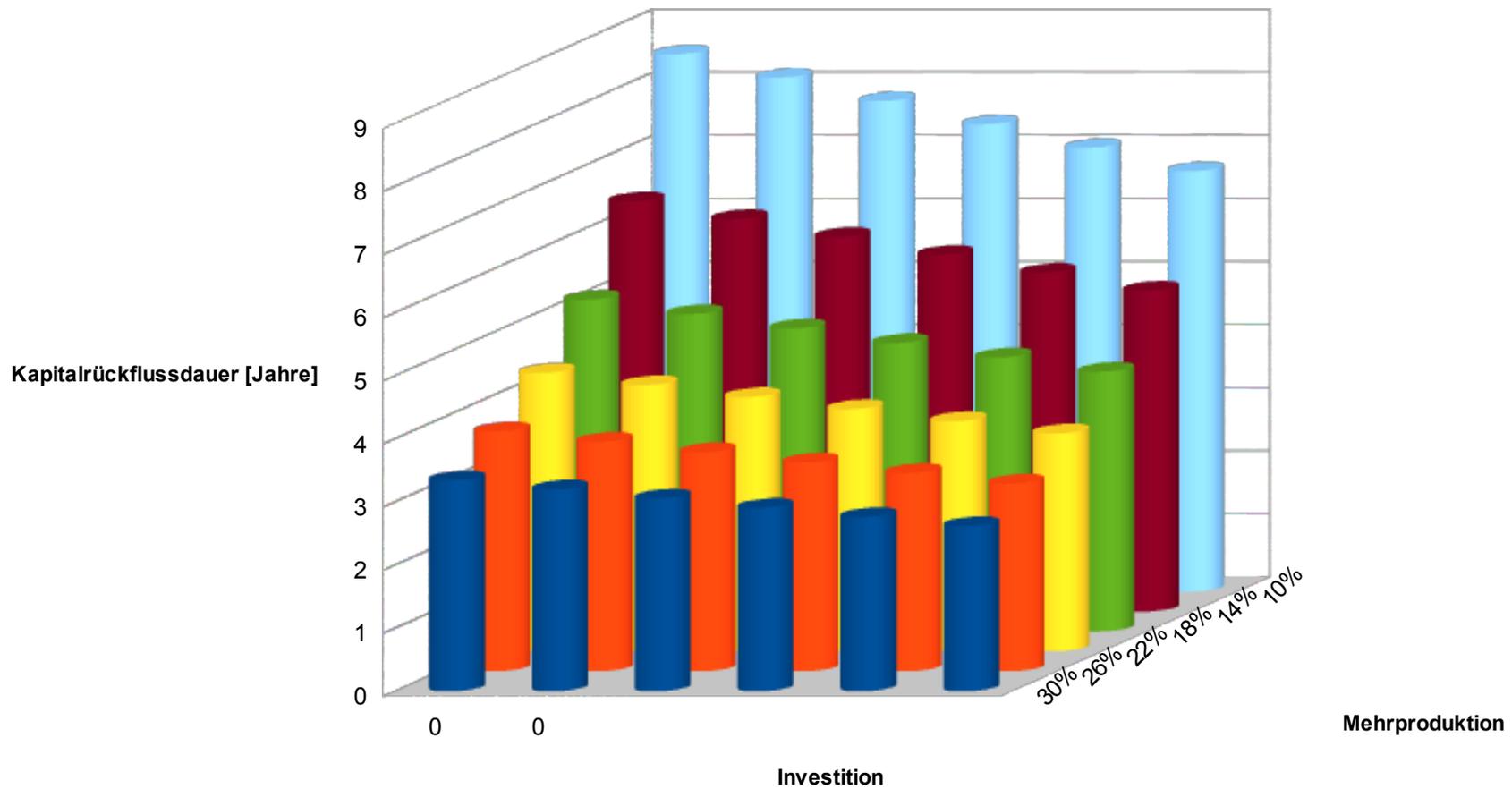
Vergütung	Deponiegas	7,67	€ct/kWh
Mehrerlöse	Deponiegas	22.952,48	€ / Jahr
<u>Kapitalrückflussdauer</u>		<u>7,4</u>	<u>Jahre</u>

Biogas

Vergütung	Biogas	16	€ct/kWh
Mehrerlöse	Biogas	47.880,00	€ / Jahr
<u>Kapitalrückflussdauer</u>		<u>3,6</u>	<u>Jahre</u>

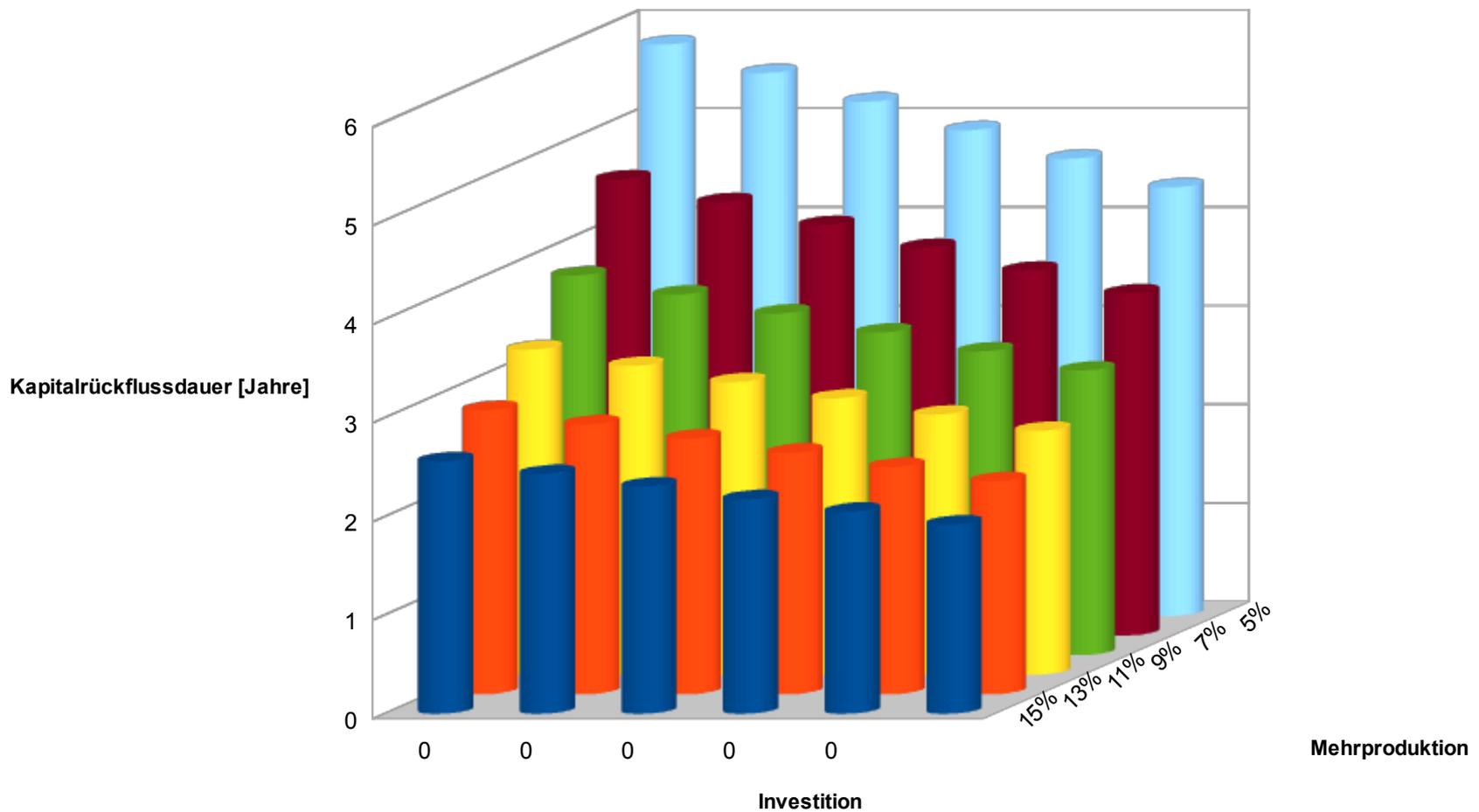
Repowering

Wirtschaftlichkeit 4



Repowering

Wirtschaftlichkeit 5



Schwachgasnutzung

Ziel: Zündfähiges Gemisch im Brennraum

Möglichkeiten

- » Optimierung Gemischbildung
- » Anreicherung Brennstoff
- » Abreicherung Inertgas

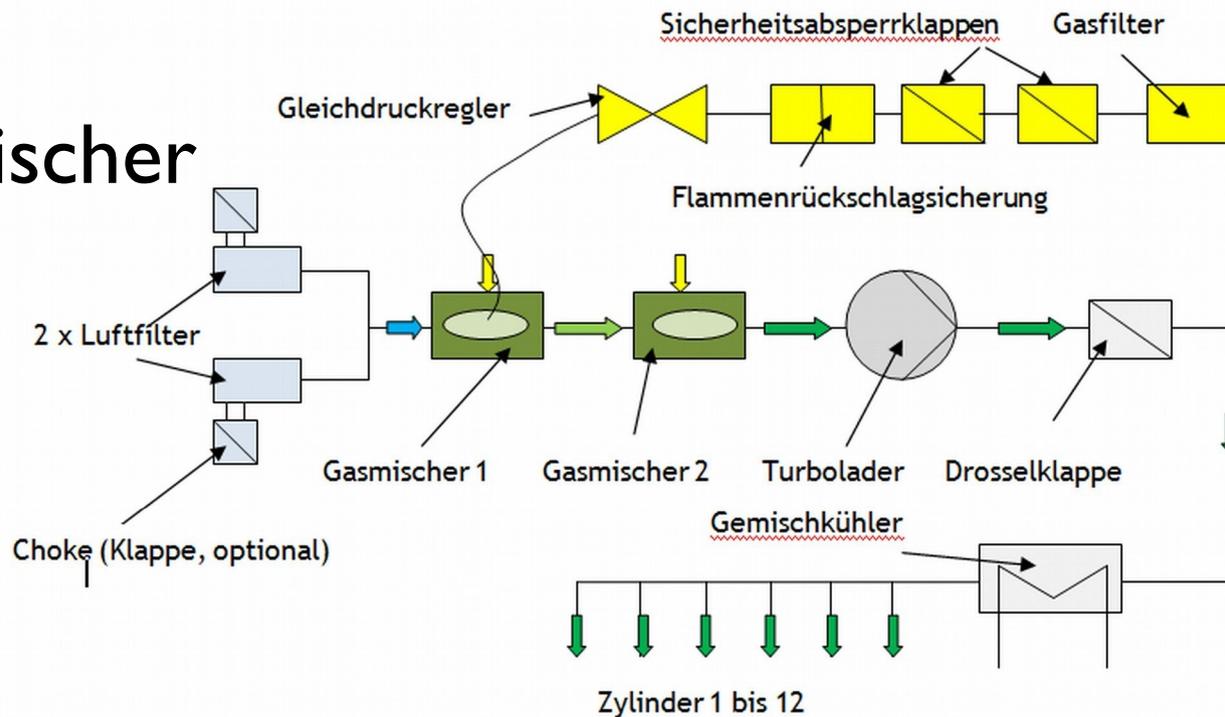
Schwachgasnutzung

Ziel: Zündfähiges Gemisch im Brennraum

- Optimieren Gemischbildung
 - Tandem-Mischer

Schwachgasnutzung

Tandem-Mischer

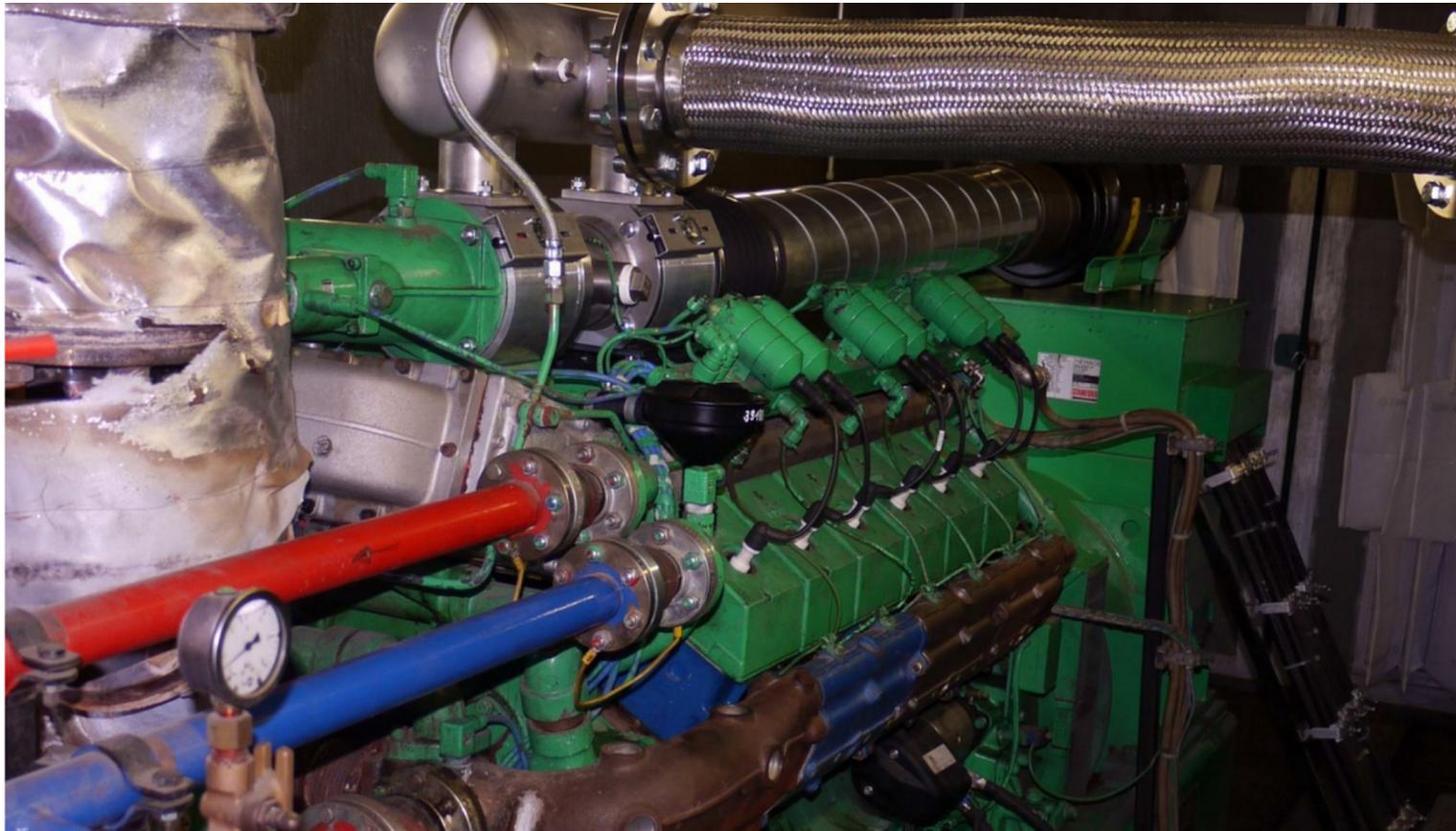


-  Deponiegas
-  Verbrennungsluft
-  Gas Luftgemisch (zu mager für einen Motorenbetrieb)
-  Gas Luftgemisch (fetter und optimal)

© GreenGas Germany GmbH, Kontakt Joerg.Simon@greengas.net

Schwachgasnutzung

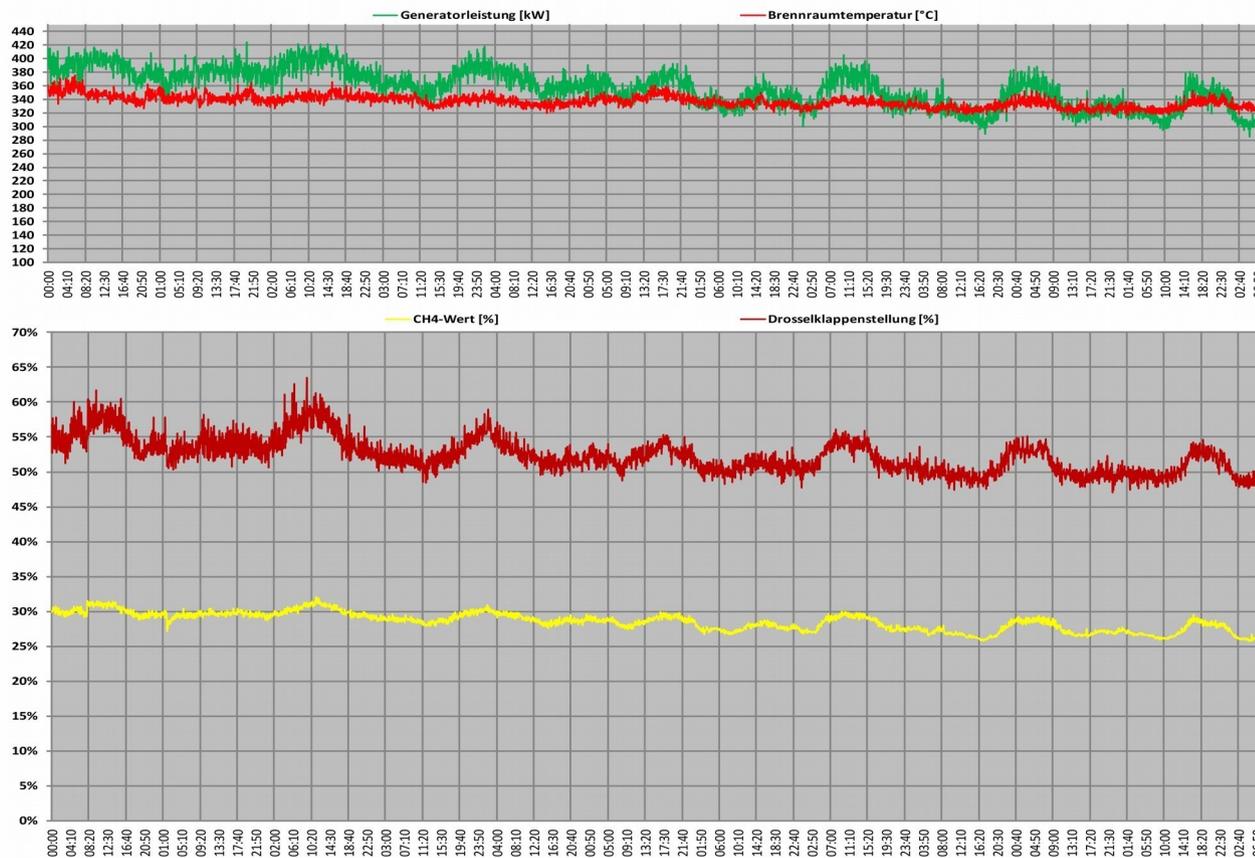
Tandem-Mischer



© GreenGas Germany GmbH, Kontakt Joerg.Simon@greengas.net

Schwachgasnutzung

Testlauf Tandemmischer



© GreenGas Germany GmbH, Kontakt Joerg.Simon@greengas.net

Schwachgasnutzung

Ziel: Zündfähiges Gemisch im Brennraum

- Anreicherung Brennstoff
 - Beimischung Erdgas
 - Zündstrahlmotor

Schwachgasnutzung

Beimischung Erdgas

- Leistung des Aggregates kann voll genutzt werden
- Beimischung zwischen Verdichter und Gasmischer

Schwachgasnutzung

Beimischung Erdgas



© Göbel Energie- und Umwelttechnik GmbH&Ko KG,
Kontakt Podsadny@goebel-technik.de

Schwachgasnutzung

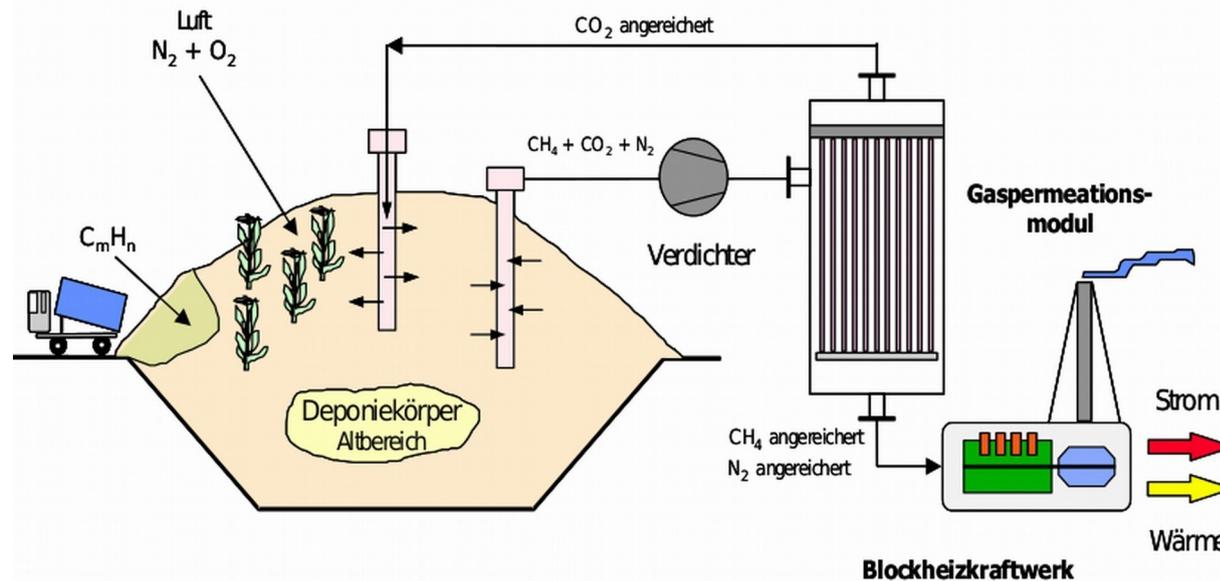
Ziel: Zündfähiges Gemisch im Brennraum

- Abreicherung Inertstoffe
 - Entfernen Kohlendioxid
 - Beimischung Sauerstoff

Schwachgasnutzung

Abreicherung Inertstoffe

Membrantechnik zur Deponiegas-Anreicherung mit Reinfiltration von CO_2 in den Deponiekörper

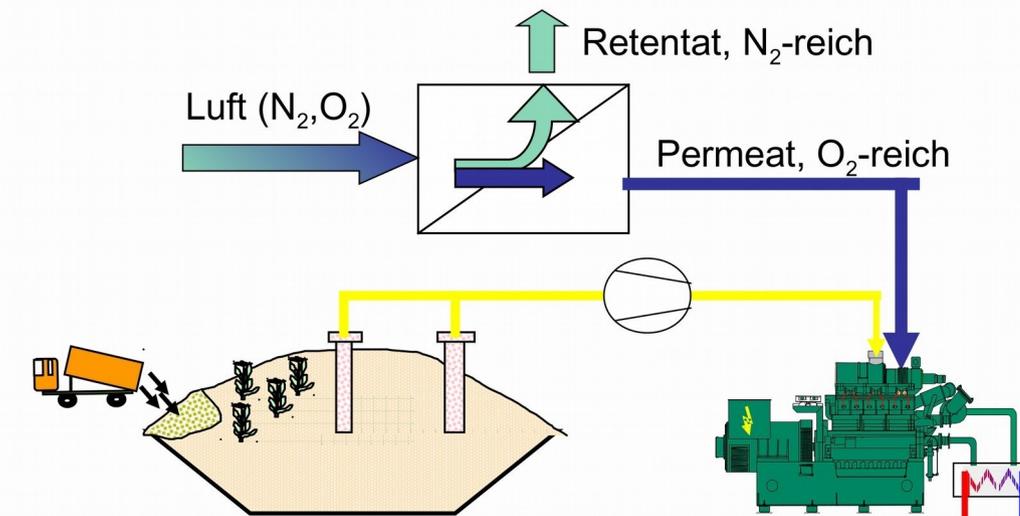


Anreicherung Sauerstoff

Anreicherung der Verbrennungsluft mit Membranen

Problem: Sinkt der Methangehalt des Brenngases dauerhaft unter 40 %, lassen sich Gasmotoren nicht mehr wirtschaftlich betreiben.

Maßnahme: Erhöhung des Sauerstoffgehaltes der Verbrennungsluft mit Membrantechnik.



Interesse geweckt?

Fragen werden hier



gerne beantwortet!