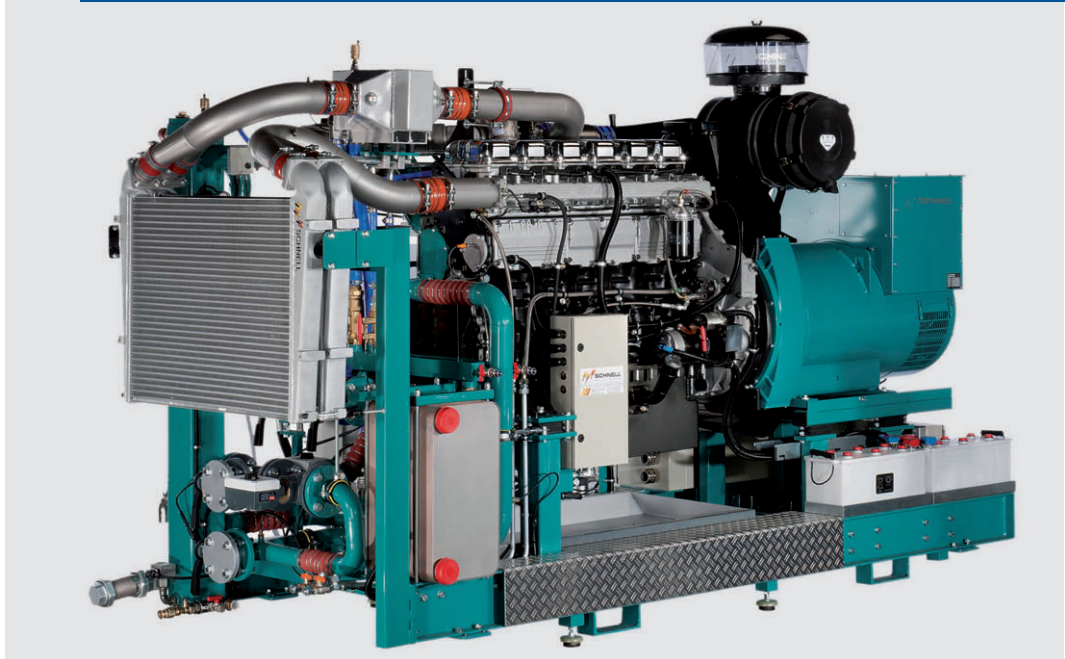


Schnell Zündstrahlmotoren AG & Co. KG

Elektrischer Wirkungsgrad emissionsoptimiert

Schnell Zündstrahl-BHKW 265 kW_{el} ZS265GT-V5

DLG-Prüfbericht 5972F



Hersteller/Anmelder

Schnell Zündstrahlmotoren
AG & Co. KG
Hugo-Schrott-Str. 6
D-88279 Amtzell
Telefon: +49 (0) 7520 9661-0
Telefax: +49 (0) 7520 9661-5388
E-Mail: info@schnellmotor.de
www.schnellmotor.de



DLG e.V.
Testzentrum
Technik und Betriebsmittel

Kurzbeschreibung

- Blockheizkraftwerk (BHKW) zur energetischen Umwandlung (Verbrennung) von Biogas in thermische und elektrische Energie
- ausgeführt als Zündstrahl-Motor, aufbauend auf einem 6-Zylinder Dieselmotor der Firma Scania
- mit gekoppelten Synchrongenerator zur Stromerzeugung im Netzparallelbetrieb
- kompakte Einheit (BHKW) bestehend aus
 - Zündstrahlmotor,
 - Synchrongenerator,
 - Gasregelstrecke,
 - Steuerungsschrank,
 - Primärkühlwasserkreis,
 - Fernüberwachung,
 - Gasturbine zur Gewinnung von zusätzlicher elektrischer Energie aus dem Abgas mithilfe einer Turbine und einem Inverter

Technische Daten (Herstellerangaben)

BHKW-Typ	ZS265GT-V5
Elektrische Nennleistung BHKW	265 kWel
davon elektrische Nennleistung Gasturbine	30 kWel
Thermische Nennleistung	192 kWth
Bauart	6 Zylinder Reihenmotor
Hubraum	11,7 Liter
Drehzahl	1.500 U/min
Verbrauch bei 50 % Methan	108 Nm ³ /h (bei Biodiesel als Zündöl) 104 Nm ³ /h (bei Pflanzenöl als Zündöl)
Zündölverbrauch	2,2 kg/h (bei Biodiesel als Zündöl) 4,0 kg/h (bei Pflanzenöl als Zündöl)
Generatortyp	Stamford Synchrogenerator 370 kVA

Beurteilung – kurzgefasst

Elektrischer Wirkungsgrad bei Nennleistung – emissionsoptimiert	Testergebnis	Bewertung
η_{effektiv} nach DLG-Messung	45,8 ± 0,8%	++
η_{effektiv} mit Korrektur der Aufstellbedingungen*) (Vergleichswert)	46,3 ± 0,8%	o. B.
Angabe nach ISO EN 3046**) (Vergleichswert)	48,3 ± 0,8%	o. B.

Bewertungsbereich: ++ / + / o / - / -- (o = Standard; o.B. = ohne Bewertung)

DLG-Bewertungsmassstab für den elektrischen Wirkungsgrad von Zündstrahlaggregaten im Leistungsbereich von 230 bis 290 kW-Nennleistung:
> 42% = ++, > 40% = +, 38 bis 40% = o; < 38% = -, < 36% = --

*) Berücksichtigung der spezifischen Aufstellbedingungen bei Messungen unter Praxisbedingungen gemäß ISO-EN 3046-1 (Januar 1998) „Hubkolben-Verbrennungsmotoren-Anforderungen“

**) Umrechnung der DLG-Messwerte unter Berücksichtigung der Festlegung in der ISO-EN 3046-1 (Januar 1998) „Hubkolben-Verbrennungsmotoren-Anforderungen“: „Die obere Grenzabweichung für den spezifischen Kraftstoffverbrauch beträgt + 5% bei Nennleistung, wenn nicht anders angegeben.“

Prüfbedingungen und -durchführung

Die Messung des elektrischen Wirkungsgrads wurde unter Praxisbedingungen an einer Biogasanlage in Amtzell/Allgäu im September 2010 durchgeführt. In Tabelle 1 sind die Prüfbedingungen am Aufstellort ersichtlich. Die Messung des elektrischen Wirkungsgrades wurde mit einem DLG-eigenen Messsystem durchgeführt.

Zusätzlich zur eigentlichen Messung des elektrischen Wirkungsgrades wurden parallel die Emissionen im Abgas online mithilfe eines Multikomponenten-FTIR-Gasanalyzers und gemäß der gültigen DIN-Vorschriften jeweils von einer nach § 26 BImSchG zugelassenen Emissionsmessstelle aufgezeichnet.

Die Wirkungsgradmessung erfolgte emissionsoptimiert, das heißt, die Grenzwerte aus der TA Luft für Kohlenmonoxid, Stickoxide, Schwefeloxide und Formaldehyd wurden während der gesamten Prüfung unterschritten. Aus der Tabelle 2 ist ein Auszug aus der verwendeten Messtechnik zu entnehmen. Der Aufbau der Gasmessstrecke ist in Bild 2 ersichtlich.

Die elektrische Leistung wurde in fünf Perioden à 60 Minuten gemessen. Über den Gas- und Zündölverbrauch innerhalb der Perioden wurde der Wirkungsgrad berechnet. In der Versuchsauswertung wurde sowohl der Gas- als auch der Zündölverbrauch auf

Normbedingungen (trocken, Druck 1013,25 mbar, Temperatur 273,15 K, entspricht 0 °C) bezogen und der unterschiedliche Wasserdampfanteil des Biogases zwischen der Gas-mengenmessung und CH₄-Konzentrationsmessung berücksichtigt. Zusätzlich wurde das Verfahren zur Leistungskorrektur nach EN ISO 3046-1 für den vorliegenden Fall entsprechend den vorhandenen Aufstellungsbedingungen angewendet.

Bei der Berechnung des elektrischen Wirkungsgrades wurde als elektrischer Verbraucher das Gasgebläse zur Druckerhöhung des Biogases, der Ladeluftkühler (Kühlung auf 35 °C) und die Pumpe des

Tabelle 1:
Testbedingungen am Aufstellort

Einsatzbetrieb	Biogasanlage Schmitten 4, D-88279 Amtzell; ca. 550 m über NN
Biogasanlage	NAWARO-Anlage, Hersteller: agrikomp GmbH
Verfahrenstechnik	Fermenter und Nachgärer aus Beton, jeweils mit Folienspeicher, querliegendem Rührwerk und Feststoffdosierung Wärmeabgabe an ein Nahwärmenetz der Stadt Amtzell
Substrate	Rindergülle, Mist und Grassilage
BHKW	
– Motortyp / Baujahr	Scania-Schnell Seriennummer: 6516393 / 2008
– Inbetriebnahme	2008
– Gasaufbereitung	Gastrocknung auf 30 % Restfeuchte bei 20 °C, Aktivkohleeinheit zur Nachentschwefelung
– Generatortyp / Baujahr	Stamford HCI 434 F2 / 2008
Umgebungsbedingungen	
– Lufttemperatur	10 bis 19 °C
– relative Luftfeuchtigkeit	45 bis 100 %
– Luftdruck	950 bis 951 mbar

Primärkühlkreis berücksichtigt. Alle diese Geräte werden mithilfe eines Frequenzumrichters geregelt. Weitere elektrische Verbraucher innerhalb des BHKW werden nicht berücksichtigt, da sie entweder nicht kontinuierlich betrieben werden oder aber von der Einbindung des BHKW Vorort abhängen.

Die Gesamtheit der Verbraucher bestimmt den elektrischen Eigenbedarf des BHKW. Dazu gehören im Falle des geprüften BHKW ZS265GT-V5 der Firma Schnell noch zusätzlich:

- Pumpe des Sekundärheizkreislaufes
- Kraftstoffpumpe mit Regelung
- Steuerung
- Notkühler

Als Zündöl wurde Pflanzenöl verwendet. Eine Analyse des Zündöls der ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH in Neusäss ergab einen unteren Heizwert von 37,232 MJ/kg.

Der Zündölverbrauch lag während der Messung zwischen 2,26 und 2,50 kg/h.

Zur Bewertung der Wirkungsgrad-Messwerte wurde ein DLG-Bewertungsstandard in Abhängigkeit von Motorbauart und Verbrennungsverfahren für die zutreffende Leistungsklasse entwickelt. Dieser Maßstab basiert auf Angaben der Fachliteratur (Biogashandbuch Bayern, Stand 2007).

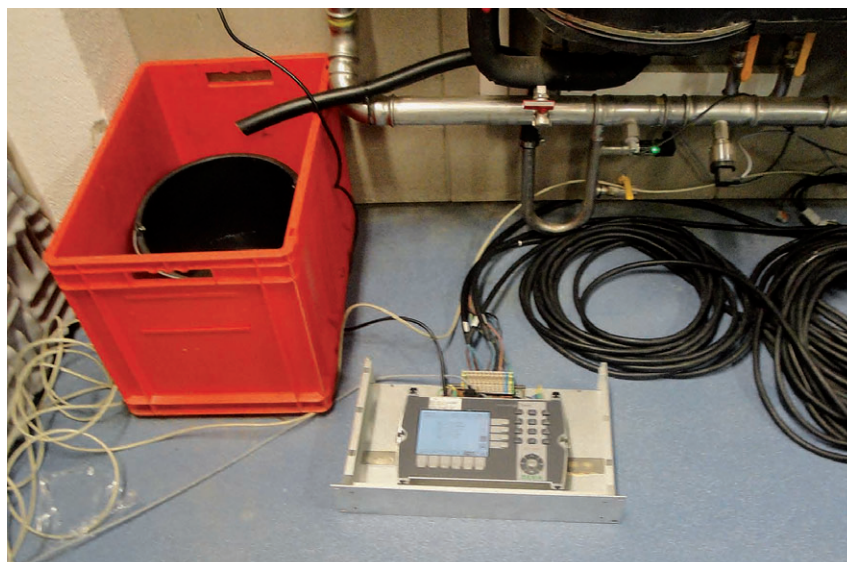


Bild 2:
Messaufbau der elektrischen Leistungsmessung am Aufstellort des BHKW ZS265GT-V5 der Firma Schnell Zündstrahler

$$\eta_{el} = \frac{(P_{Generator} - P_{Eigenbedarf})}{V_{Biogas, N, Tr} \cdot c_{CH4} \cdot H_{i, CH4} + m_{Zündöl} \cdot H_{i, Zündöl}} \cdot 100$$

$P_{Generator}$ = gemessene, abgegebene elektrische Energie des Generators (kWel)

$P_{Eigenbedarf}$ = Summe der elektrischen Verbraucher zum Betrieb des BHKW (kWel)

$V_{Biogas, N, Tr}$ = gemessener, auf Norm trocken bezogener Gasvolumenstrom (Nm³/h)

c_{CH4} = gemessener, auf Norm trocken bezogener Methananteil im Biogas

$H_{i, CH4}$ = unterer Heizwert von Methan $H_{i, CH4} = 9,968$ kWh/Nm³

$m_{Zündöl}$ = gemessener, stündlicher Zündölverbrauch mittels Wägung

$H_{i, Zündöl}$ = unterer Heizwert des verwendeten Zündöls

Bild 3:
Berechnung des elektrischen Wirkungsgrads

Tabelle 2:
Auszug der verwendeten Messmittel

Messgröße	Messmittel
Gasmenge	Drehkolbengaszähler RMG
Gasbedingungen	Sensoren für Temperatur, Feuchtigkeit und Druck (absolut)
Methan/Kohlendioxid-Konzentration*	Gasanalysegerät, NDIR-Messprinzip
Umgebungsbedingungen (Umwelt)	Sensoren für Temperatur, Feuchtigkeit und Druck (absolut)
Umgebungsbedingungen (Maschinenraum)	Sensoren für Temperatur
Elektrische Energie	Leistungsmessgerät, Messung der ins Netz eingespeisten Energie, Messunsicherheit < ± 0,45 %
Emissionen (Stickoxide, Kohlenmonoxid, Schwefeloxid, Formaldehyd, Staub)	Messstelle nach § 26 BImSchG: Umweltanalytik RUK GmbH, Im Paesch 1a, 54340 Longuich

Prüfergebnisse

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte für jede der ausgewerteten Messperioden zusammengefasst. Aufgrund der installierten Gasaufbereitung (Gastrocknung und Feinentschwefelung) sind die Gaswerte relativ konstant (siehe Bild 5). Aus den konstanten Biogasdaten hinsichtlich unterem Heizwert, Gasmenge, Gastemperatur und Gasfeuchte ergibt sich ein nahezu konstanter Gasverbrauch und somit ein gleichbleibender elektrischer Wirkungsgrad. Bei BHKW ohne zusätzliche Gastrocknung sind die Schwankungen der Gasqualität wesentlich höher. Daraus resultieren auch schwankende Wirkungsgrade.

Der erhöhte Wirkungsgrad ist im Wesentlichen auf die nachgeschaltete Gasturbine zurückzuführen. Durch den geringeren Gasverbrauch infolge der entsprechenden Motoreinstellung ist die Energie-

gewinnung aus dem Biogas entsprechend reduziert. Ohne die Gasturbine ergibt sich ein geringerer Wirkungsgrad bei einem Gasverbrauch von 104,8 Nm³/h. Durch die nachgeschaltete Gasturbine mit einer über 5 h ermittelten Dauerleistung von 31 kW_{el} wird die Abgaswärme und der Abgasdruck als hochfrequenter Strom genutzt und mithilfe eines Inverters umgewandelt.

Gemäß dem DLG-Bewertungsmaßstab ergibt sich für die Messung des emissionsoptimierten, elektrischen Wirkungsgrades bei Nennlastbetrieb die Bewertung „++“. Während der fünf Messperioden in Tabelle 3 sind die Grenzwerte der TA Luft für Verbrennungsmotoren ohne Stützfeuerung hinsichtlich Stickoxide, Kohlenmonoxid, Schwefeloxide, Staub und Formaldehyd unterschritten. In Tabelle 4 sind die Emissionen aufgeführt.

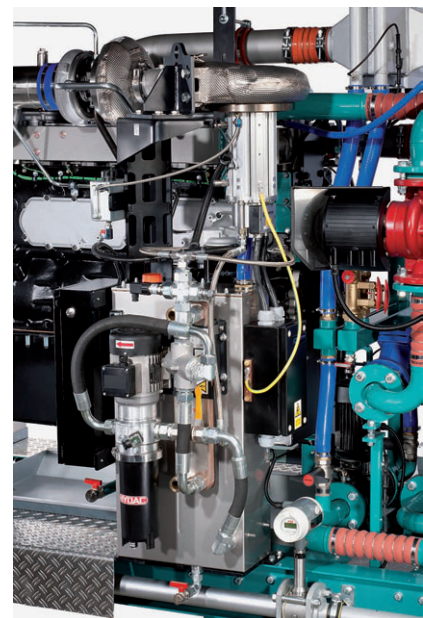


Bild 4:
Ausschnitt der Gasturbine

Tabelle 3:
Messergebnisse während der einzelnen Messperioden (Stundenmittelwerte)

Messperiode	Messgröße							
	Gasverbrauch (trocken)	Methan-gehalt	Zündöl-verbrauch	elektrische Leistung		elektr. Eigen-verbrauch	elektrischer Wirkungsgrad	
				Generator	Gasturbine		gemessen	nach EN ISO 3046
10:00 Uhr	103,81 Nm ³ /h	53,62 %	2,30 kg/h	235,66 kW _{el}	30,5 kW _{el}	2,1 kW _{el}	45,93 %	48,4 %
11:00 Uhr	104,42 Nm ³ /h	53,49 %	2,50 kg/h	235,73 kW _{el}	30,8 kW _{el}	2,1 kW _{el}	45,72 %	48,1 %
12:00 Uhr	104,66 Nm ³ /h	53,38 %	2,29 kg/h	235,63 kW _{el}	31,2 kW _{el}	2,1 kW _{el}	45,96 %	48,4 %
14:00 Uhr	105,26 Nm ³ /h	53,21 %	2,26 kg/h	235,57 kW _{el}	31,8 kW _{el}	2,1 kW _{el}	45,96 %	48,4 %
15:00 Uhr	105,90 Nm ³ /h	53,00 %	2,33 kg/h	235,58 kW _{el}	30,7 kW _{el}	2,1 kW _{el}	45,62 %	48,0 %

Tabelle 4:
Ermittelte Emissionswerte während der Messung

Emission	gemittelter Wert aus drei Messwerten	Grenzwert gemäß TA Luft*	Empfehlung Biogashandbuch Bayern**
Stickoxid (NOx)	917 mg/Nm ³	1.000 mg/Nm ³	1.500 mg/Nm ³
Kohlenmonoxid (CO)	438 mg/Nm ³	2.000 mg/Nm ³	2.000 mg/Nm ³
Schwefeloxid (als SO ₂ und SO ₃)	<< 310 mg/Nm ³	310 mg/Nm ³	–
Formaldehyd (CHOH)	50 mg/Nm ³	60 mg/Nm ³	–
Staub	3,4 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³

* für Selbstzündungsmotoren < 3.000 kW Feuerungswärmeleistung

** Empfehlung für Selbstzündungsmotoren < 1.000 kW Feuerungswärmeleistung

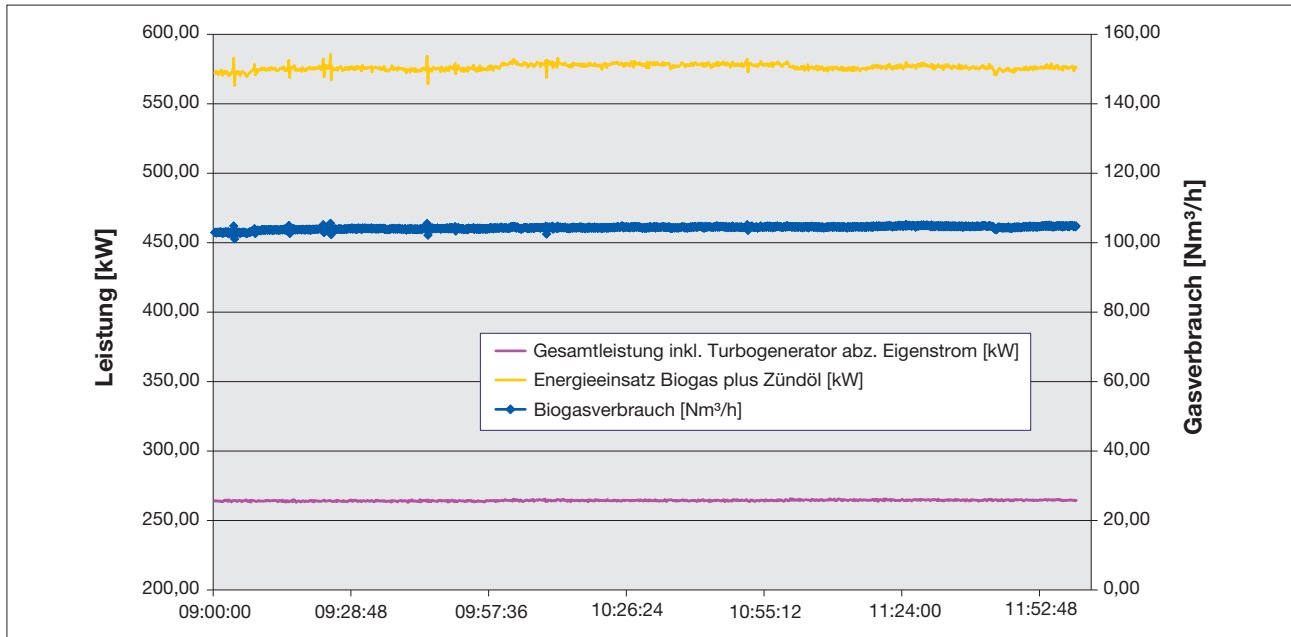


Bild 5:
Messverlauf des Energieeinsatzes (Biogas + Zündöl) und der erzeugten Leistung (elektrische Energie)

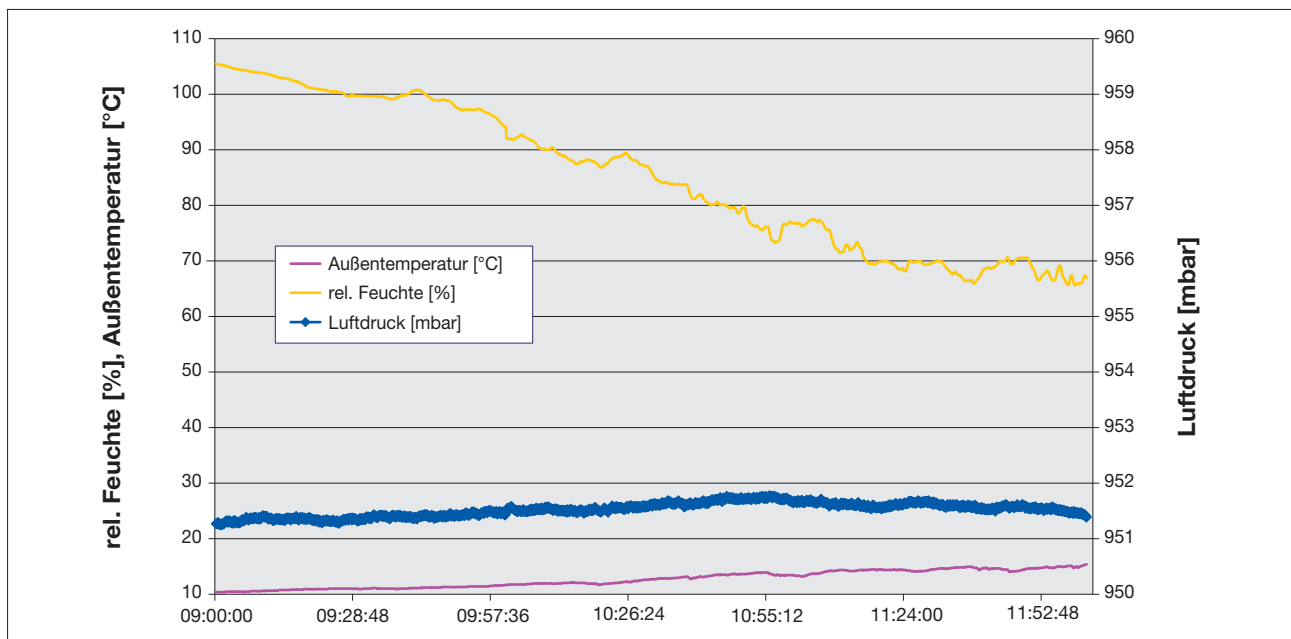


Bild 6:
Messverlauf der Umgebungsbedingungen (Die relative Luftfeuchte lag zu Beginn der Messung bei 100 %, die Landschaft hatte sich morgens mit Tauniederschlag überzogen.)

Aus der Tabelle 3 sind die Messergebnisse während der 5 Messperioden zu entnehmen. Daraus ergibt sich im Mittelwert ein emissionsoptimierter elektrischer Wirkungsgrad von $45,8\% \pm 0,8\%$. Da die DIN ISO 3046 eine Korrektur der Wirkungsgradangabe aufgrund der Aufstellbedingungen vorschreibt, ergibt sich ein emissionsoptimierter elektrischer Wirkungsgrad gemäß ISO EN 3046 von $46,3\% \pm 0,8\%$. Wird die in der ISO EN 3046 genannte Korrektur des Kraftstoffverbrauchs hinzugezogen, so ergibt sich ein Wirkungsgrad bis zu $48,3\% \pm 0,8\%$.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse erfüllt das Zündstrahlmotor-BHKW ES265TG-V5 der Firma Schnell Zündstrahlmotoren AG & Co. KG bezüglich der Prüfkriterien „Elektrischer Wirkungsgrad emissionsoptimiert“ die Anforderungen (Mindestanforderung (o) oder besser) mit dem Ergebnis $45,8\%$ und der Bewertung (++) für die Vergabe des Prüfzeichens DLG-FokusTest.

Andere Kriterien wurden nicht geprüft.

Prüfungsdurchführung

DLG e.V.,
Testzentrum
Technik und Betriebsmittel,
Max-Eyth-Weg 1,
64823 Groß-Umstadt

Durchführung der Emissionsmessung nach TA Luft

Umweltanalytik RUK GmbH
Im Paesch 1
54340 Longuich

Erneuerbare Energien – Biogas

Dipl.-Ing. Jörg Johann

Technik, Sicherheit, Qualität

Dipl.-Ing. W. Gramatte



ENTAM – European Network for Testing of Agricultural Machines, ist der Zusammenschluss der europäischen Prüfstellen. Ziel von ENTAM ist die europaweite Verbreitung von Prüfergebnissen für Landwirte, Landtechnikhändler und Hersteller. Mehr Informationen zum Netzwerk erhalten Sie unter www.entam.com oder unter der E-Mail-Adresse: info@entam.com

10-450
Oktober 2010
© DLG



DLG e.V. – Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt, Telefon: 069 24788-600, Fax: 069 24788-690
E-Mail: tech@dlg.org, Internet: www.dlg-test.de

Download aller DLG-Prüfberichte kostenlos unter: www.dlg-test.de!