

Gutachter-Daten-Auswertung von der BHKW-Vorführung vom 28.9.2019 in B. bei Schwabach

zusammengestellt von A. Schneider

04.10.2019

<http://heizkostenrechner.eu/heizwert-brennwert-tabelle.html>

Update 05.10.2019

Heizwert Biodiesel	9,02 kWh/l			
Heizwert Diesel	10,00 kWh/l	Testlaufzeit/Min.	laut K.M.	laut G.L.
Heizwert Rapsöl	9,43 kWh/l	Testlaufzeit/Min.	12	10
Heizwert Emulgator	10,00 kWh/l (?)			laut B.F.
Heizwert Heizöl	10,00 kWh/l			10:00 min.
				06:49 min.

Angaben von B.F. (per E-Mail vom 3.10.2019)

Test mit Diesel als Treibstoff

Diesel in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Diesel in l	Diesel im kWh	Produz. kWh	Effizienz	Verbrauch in l/kWh
6			2	4,00	40,00	13,5	33,75%	0,30

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbr. chem. Energie in kWh	Produz. el. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,17	1,67	6	12,40	6,73	54,30%	0,19

Angaben von K.M. (per E-Mail vom 3.10.2019)

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbr. chem. Energie in kWh	Produz. el. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,15	1	6,65	13,60	6,73	49,49%	0,21

Angaben von Dipl.-Ing. G.L. (per E-Mail vom 2.10.2019)

Test mit Diesel als Treibstoff

Diesel in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Diesel in l	Diesel im kWh	Produz. kWh	Effizienz	Verbrauch in l/kWh
6			2	4,00	40,00	13,52	33,80%	0,30

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbr. Energie Rapsöl im kWh	Produz. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	4,5		1	5	11,79	8,7	73,81%	0,14

Angaben von F.A.N. (per E-Mail vom 29.9.2019)

Test mit Diesel als Treibstoff

Diesel in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l (?)	Verbrauch Diesel in l	Diesel im kWh	Produz. kWh	Effizienz	Verbrauch in l/kWh
6			2	4,00	40,00	13,5	33,75%	0,30

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbr. Energie Rapsöl im kWh	Produz. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	5	0,17	1	5,67	13,47	6,73	49,96%	0,21

Kommentare:

Die **Angaben zum Dieseleinsatz**, die produzierte Energie, die errechnete Effizienz und der spezifische Dieserverbrauch **stimmen gut überein**.

Die **Angaben zur verwendeten Menge an Rapsöl** wurden einheitlich mit 1,5 L angegeben, **stimmen auch überein**. Diskrepanzen gab es **bei der Angabe des zugemischten Wasseranteils**. G.L. spricht von 4,5 l, F.A.N. von 5l. Ich selbst (AS) hatte mir ein Verhältnis von 4:1, also 6 Liter notiert.

Im nachfolgenden werden daher alle Ergebnisse nochmals mit 6 l berechnet. Unterschiede gab es auch bei der Angabe der generierten elektrischen Energie. Teils wurden gar keine Werte genannt, teils wurden Pauschalwerte angegeben. Die zuverlässigsten Aufzeichnungen hat B.F. gemacht.

Daher werden im weiteren diese Werte verwendet. Allerdings wies B.F. darauf hin, dass es schwierig war bzw. ist, die generierte elektrische Energie in gewissen Zeitabschnitten **den damit korrespondierenden Emulsions-Verbräuchen zuzuordnen, weil es bei der Demo zahlreiche Unterbrüche gab**.

Da wurde dann teilweise - zwar nur kurzzeitig - auf Dieseleinspritzung um- und dann wieder auf Emulsionsbetrieb zurückgeschaltet. So bleibt die Frage offen, ob im restlichen Treibstoff im Tank auch noch ein Dieselanteil zugemischt war. **Die gemessenen bzw. berechneten Werte sind daher mit einer Unsicherheit behaftet, die schwer abzuschätzen ist. Es wird daher empfohlen, derartige Messungen mit einer Treibstoff-Wasser-Emulsion an einem kleineren BHKW, z.B. mit 10 kW elektrischer Leistung, durchzuführen und vielleicht mit einem kleineren Mischungsverhältnis, z.B. 1:3, anzufangen. Wichtig ist, dass die Maschine mit der Emulsion stabil läuft, so dass der Verbrauch der Emulsion und die damit produzierte elektrische Energie in einer definierten Zeiteinheit eindeutig bestimmt und zugeordnet werden kann.**

Zusammenstellung der Messergebnisse mit der Emulsion (1,5 l Rapsöl, 6 l Wasser, 0,17 l Emulgator und 6,73 kW el. Energie)

Angaben von B.F. (per E-Mail vom 3.10.2019, vorläufige Daten)

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbrauch Emulgator + Rapsöl in l	Verbr. chem. Energie in kWh	Produz. el. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,17	1,67	6	1,31	12,40	6,73	54,30%	0,19

Angaben von K.M. (per E-Mail vom 3.10.2019)

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbrauch Emulgator + Rapsöl in l	Verbr. chem. Energie in kWh	Produz. el. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,17	1	6,67	1,45	13,78	6,73	48,84%	0,22

Angaben von Dipl.-Ing. G.L. (per E-Mail vom 2.10.2019)

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Verbrauch Emulsion in l	Verbrauch Rapsöl in l	Verbr. Energie Rapsöl im kWh	Produz. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,17	1	6,67	1,45	13,78	6,73	48,84%	0,22

Angaben von F.A.N. (per E-Mail vom 29.9.2019)

Test mit Diesel als Treibstoff

Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion

Verbrauch Emulsion in l	Verbrauch Emulgator + Rapsöl in l	Verbr. Energie	Produz.	Effizienz	Verbrauch in
6,67	1,45	13,78	6,73	48,84%	0,22

Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Emulsion in l	Rapsöl in l	Rapsöl im kWh	kWh	in %	l/kWh
1,5	6	0,17	1	6,67	1,45	13,78	6,73	48,84%	0,22

Hinweis:B.F. wies darauf hin, dass nicht ganz klar ist, ob die von ihm angegebene Menge der verbrauchten Emulsion von 6 Liter wirklich der produzierten Energie zuzuordnen ist bzw. mit welcher Differenz der Zählerstände das korrespondiert. Wenn wir annehmen, dass tatsächlich am Schluss nur noch 1 Liter Emulsionsrest vorhanden war, kämen wir auf den einheitlichen Wert von einer Effizienz von rund 49% und einem spezifischen Verbrauch von 0,22 l/kWh. Aber wie oben erwähnt sind die Messergebnisse aus verschiedenen Gründen mit grosser Unsicherheit behaftet.

Die Testergebnisse mit reinem Dieselbetrieb decken sich mit den Angaben im Werkstattbuch S. 49 des BHKW-Motors MWM D226-6, laut dem im Nennbetrieb 78 kW erzielt werden bei einem Dieselverbrauch von 23 l. Dies entspricht:	Effizienz	Verbrauch in
	in %	l/kWh
	33,91%	0,29

Wie unter www.borderlands.de/Links/BHKW-Daten.pdf in der 2. Tabelle nachzulesen ist, hat ein **BHKW mit 78 kW** elektrischer Leistung typischerweise einen **elektrischen Wirkungsgrad von 35,5**, also 1,7% mehr als bei der Demo bei Schwabach gemessen.

Fazit:

Der Betrieb des BHKW mit der Rapsöl-Wasser-Emulsion ergab eine Effizienz 49%, mit Diesel 33,8%. Der spezifische Verbrauch bei Rapsöl liegt bei 0,22 l/kWh, mit Diesel bei 0,30 l/kWh. **Der "Hebel" gegenüber Diesel beträgt 49%/33,80% = 1,45**

Beim Testlauf am Vortag, den 27.9.2019, in Anwesenheit von ca. 40 Personen, sollen bessere Werte erzielt worden sein, die näher an den früher erzielten Ergebnissen liegen.

Vergleich zu früheren Ergebnissen

Bei der Demo am 27. Juli 2019 wurden laut Horst Kirsten Verbrauchswerte von Rapsöl erreicht von:
 Im Gutachten von DEKRA (2010, Horst Kirsten: Der GFE-Skandal, S. 89) wurde ein höherer Wert angegeben:
 Im Gutachten von TÜV Süd (2010, Horst Kirsten: Der GFE-Skandal, S. 89) betrug der Wert:
 In der Prospektangabe von GFE (2010, Horst Kirsten: Der GFE-Skandal, S. 89)stand:

Effizienz	Verbrauch in
in %	l/kWh
115,27	0,092
93,02	0,114
89,11	0,119
78,55	0,135

Sofern Rapsöl weniger als das 1,45fache von Heizöl kostet, ist ein BHKW mit Emulsionsbetrieb auf jeden Fall wirtschaftlich interessant.

Der "Hebel" bei Betrieb mit Emulsion gegenüber Diesel beträgt optimal 115,27%/33,8% = 3,41

Wie unter www.borderlands.de/Links/BHKW-Daten.pdf in der 2. Tabelle nachzulesen ist, hat ein **BHKW mit 78 kW** elektrischer Leistung typischerweise einen **elektrischen Wirkungsgrad von 35,5**, also 1,7% mehr als bei der Demo (mit Diesel) in B. in der Nähe von Schwabach gemessen.

Die **thermische Leistung liegt typischerweise bei 102 kW** und der **thermische Wirkungsgrad bei 46,4%**.

Hinweis zur kalorimetrischen Messung, d.h zur Erfassung der thermischen Leistung bzw. thermischen Effizienz am 28.9.2019

Die für den Test am 28.9.2019 ebenfalls angekündigten kalorimetrischen Messungen wurden nicht bzw. nur zum Teil durchgeführt. Insbesondere wurde das Kühlwasser nicht durch den neben der Maschine stehenden Bolier geführt bzw. die Temperatur am Boiler nicht erfasst. Es standen dagegen zwei grosse nach oben offenen Fässer mit je 145 l Wasserinhalt zur Verfügung in die der erwähnte 10-kW-Heizstab eingetauscht war. Wahrscheinlich hätte der Heizstab beim einen Test mit Diesel in ein Fass hineingetaucht werden sollen, und beim Test mit der Emulsion in das andere Fass.

Vom Versuchsleiter wurde am Anfang eine Temperatur auf einem Thermometer von 15,1 Grad abgelesen, irgendwann später eine Temperatur von 42,6 Grad. Wenn man von einem Wirkungsgrad von 90% ausgeht (10% gehen durch Wärmeabstrahlung verloren), kommt man auf eine Zeit von 30 Minuten, die zur Aufheizung mit einem 10-kW-Heizstab erforderlich ist.

Die Berechnung erfolgt nach der Formel in: <https://rechneronline.de/kueche/wasser-kochen.php>

Schluss-Resumé

Sofern beim Emulsionsbetrieb rund das 1,5 fache oder mehr an elektrischer Energie gewonnen werden kann, dürfte auch der thermische Wirkungsgrad um einen Faktor 1,5 oder mehr höher liegen.

Gesamthaft - elektrisch und thermisch - ergäben sich dann beim Emulsionsbetrieb Wirkungsgrade, die um das 2,25fache höher lägen als jene, die mit einem Einzeltreibstoff zu erreichen wären. Wenn man bei einer 78-kW-Anlage von einem Wirkungsgrad von 82% ausgeht, käme man dann auf Gesamtwirkungsgrade von über 160%. Siehe auch: www.borderlands.de/Links/BHKW-Daten.pdf

Wenn also auch die Wärme genutzt werden kann und hier ebenfalls eine höhere Effizienz erzielbar ist (was zu vermuten ist), **ergeben beide Komponenten** - Strom und Wärme - **zusammen eine deutlich höhere Amortisation und Wirtschaftlichkeit von BHKWs mit Emulsionsbetrieb im Vergleich zu BHKWs, die nur mit Heizöl laufen.**

Theoretischer Hintergrund der Effizienzerhöhung

Hinweise zur Deutung des erhöhten Energieeintrages durch Zusatz von Wasser finden sich am Schluss des Links:

<http://www.borderlands.de/Links/Aqua-Fuel.pdf>

