

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

zusammengestellt von A. Schneider

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

04.10.2019

Heizwert Biodiesel	9,02 kWh/l		laut K.M.	laut G.L.	laut B.F.	Update 05.10.2019
Heizwert Diesel	10,00 kWh/l	Testlaufzeit/Min.	10	10	10:00 min.	Update 07.10.2019
Heizwert Rapsöl	9,43 kWh/l	Testlaufzeit/Min.	12	10	06:49 min. *	2. Update 07.10.2019
Heizwert Emulgator	10,00 kWh/l (?)					
Heizwert Heizöl	10,00 kWh/l					

Gutachter (freiwillige)

**B.F. = Bernhard Foltz, Physiker**  
 K.M. = Karl Meyer, KFZ-Meister  
 G.J. = Gelia Lerche, Dipl.-Ing.  
**F.A.N. = Frank Arbol N.**

## Zusammenstellung der Messergebnisse beim BHKW-Betrieb mit Diesel und mit Emulsion

(Zum Emulsionsbetrieb: Mögliche Anteile von Diesel im Emulsions-Rücklauf von der Einspritzanlage sind hier nicht berücksichtigt)

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

Test mit **Diesel als Treibstoff**

Diesel in l	H2O 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 Emulgator + Emulsion in l	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 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 Emulgator + Emulsion in l	Rapsöl in l	Verbr. chem. Energie in kWh	Produz. el. kWh	Effizienz in %	Verbrauch in l/kWh
1,5	6	0,15	1	6,65	1,43	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	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				Verbrauch	Verbrauch	Verbr. Energie	Produz.	Effizienz	Verbrauch in
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	4,5		1	5	1,25	11,79	8,7	73,81 %	0,14
<b>Angaben von F.A.N. (per E-Mail vom 29.9.2019)</b>									
Test mit Diesel als Treibstoff				Verbrauch	Verbrauch	Verbr. Energie	Produz.	Effizienz	Verbrauch in
Diesel in l	H2O in l		Rest in l (?)	Diesel in l	Diesel im kWh	kWh	kWh	in %	l/kWh
6			2	4,00	40,00	13,5	33,75 %	0,30	
Test mit Rapsöl-Wasser-Emulsion				Verbrauch	Verbrauch	Verbr. Energie	Produz.	Effizienz	Verbrauch in
Rapsöl in l	H2O in l	Emulgator in l	Rest in l	Emulgator + Emulsion in l	Rapsöl in l	Rapsöl im kWh	kWh	in %	l/kWh
1,5	5	0,17	1	5,67	1,42	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** beim Test mit der Emulsion wurden einheitlich mit 1,5 L angegeben, **sie stimmen auch überein**. **Diskrepanzen gab es bei der Angabe des zugemischten Wasseranteils bei der Emulsion**. G.L. spricht von 4,5 l, F.A.N. von 5 l. Ich selbst (AS) hatte mir ein Verhältnis von 4:1 notiert. **In der nachfolgenden Zusammenstellung** der Ergebnisse mit Emulsion wird daher **einheitlich mit 6 l Wasseranteil** gerechnet.

**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. Interessenten können diese bei B.F. per E-Mail anfordern über: [mail@bernhard-foltz.de](mailto:mail@bernhard-foltz.de).

**B.F. wies vor allem darauf hin, dass es schwierig war bzw. ist, die generierte elektrische Energie in gewissen Zeitabschnitten den damit korrespondierenden Emulsions-Verbräuchen zuzuordnen, weil schon bei dem langwierigen Umschalten von Diesel auf Emulsion über Hähne ein wesentlicher Teil der Emulsion verbraucht wurde und über den Rückfluss Diesel in die Emulsion gelangte.**

**Lt. K.M. war dies die Technik, die 2010 verwendet wurde**. Heute würde er dies mit 2 Hähnen realisieren, die über Schrittmotoren gesteuert werden.

Zur Frage, ob beim Umschalten von Diesel auf Emulsion nicht **eventuell Diesel aus dem Rücklauf in den Emulsionstank geflossen sein könnte**, erläuterte K.M., dass er in der Umschaltphase bewusst **den Rücklauf noch in den Dieseltank zurückführte** und erst bei korrektem Lauf des Motors mit Emulsion auch den Rücklauf in den Emulsionstank umschaltete \*. Diese Massnahme hat wohl zu etwas erhöhtem Emulsionsverbrauch geführt. D.h., der Motor ist dadurch eigentlich mit etwas weniger Emulsion und damit auch Pflanzenöl gefahren, wodurch der Wirkungsgrad etwas nach oben korrigiert werden müsste. **Allerdings ist der Prozentsatz schwer abzuschätzen** (E-Mail von K.M. an AS am 6.10.2019).

Ein **bebildeter Kommentar** von B.F., K.M. und AS findet sich unter: [www.borderlands.de/Links/Umschaltvorgang\\_am\\_28.9.2019.pdf](http://www.borderlands.de/Links/Umschaltvorgang_am_28.9.2019.pdf)

Andererseits hat eine visuelle Auswertung der restlichen Emulsionsmenge von 1 l im Emulsionstank durch B.F. \* ergeben, dass ca. 50% Wasser darin **gewesen sein könnten**. In der Anfangs-Emulsion war der Wasser-Anteil  $6/(1,5+6+0,17) = 78\%$  Dies deutet darauf hin, dass beim mehrmaligen Umschalten auf Diesel (um den Motor nach einem Stop wieder zügig starten zu können) doch einige Anteile Diesel in den Emulsionstank geflossen sind. **Genaueren Aufschluss könnte eine Analyse** der Restemulsion, z.B. **bei Intertek ergeben** <https://www.intertek.de>

**B.F. konnte** in einer Simulation **aufzeigen, dass der Fall, dass eine Menge von 1,5 l Diesel, die über den Rücklauf in den Emulsionstank geflossen wäre, zu einer vergleichbar (niedrigen) Effizienz wie bei reinem Dieselbetrieb geführt hätte.**

**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, in einem ersten Testlauf 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. Es wäre auch sinnvoll, mit verschiedenen Mischungsverhältnissen zu arbeiten, um herauszufinden, welche Mischung zu optimalen Ergebnissen führt und gleichzeitig einen stabilen Motorlauf garantiert.**

**Hinweis:** B.F. hat in seinen Berechnungen als verbrauchte Emulsion 6 l angegeben. Andererseits stimmen alle anderen darin überein, dass die Restmenge 1 l betragen hat. Folglich muss der Emulsionsverbrauch 6,67 l betragen haben, weshalb dieser Wert auch bei B.F. verwendet wird.

	Effizienz	Verbrauch
	in %	l/kWh
<b>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 Dieserverbrauch von 23 l. Dies entspricht:</b>	<b>33,91 %</b>	<b>0,29</b>

Wie unter [www.borderlands.de/Links/BHKW-Daten.pdf](http://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 (von AS):**

**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** Hier ist allerdings der Vorbehalt zu machen, dass im Fall, dass Diesel im Rücklauf war, diese Angaben möglicherweise nicht stimmen (siehe oben).

Laut Aussage von Horst Kirsten sollen beim Testlauf am Vortag, den 27.9.2019, in Anwesenheit von ca. 40 Personen, 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 in %	Verbrauch 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 (gemäss Test 27.7.2019) 115,27%/33,8% = 3,41**

Wie unter [www.borderlands.de/Links/BHKW-Daten.pdf](http://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. 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 (von AS)**

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](http://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.**

**Das Wasser kann die Umsetzung der Explosion in Bewegung verbessern, also den elektrischen Wirkungsgrad erhöhen, aber nicht die Wärme vermehren!**

**Diese Aussagen treffen aber nur dann zu, wenn während des Emulsionsbetriebs beim Test kein Diesel im Rücklauf der Einspritzanlage zugemischt war, was jedoch aufgrund der mehrfachen Hin- und Herschaltung zwischen Emulsions und Dieselbetrieb nicht ausgeschlossen werden kann.**

### **Theoretischer Hintergrund einer möglichen 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>

Zeit vom endgültigen Umschalten auf Emulsion bis Motorstopp: 07:46 min.  
Zeit von B.F. mit Zählerablesung erfasst: 06:49 min.  
**Hinweise in Grün von Bernhard Foltz (7.10.2019, 15:03)**

**Hinweis in Violett: Frank Arbold N.**

Effizienz-Angabe nur gültig, wenn die Emulsion unverändert blieb.  
Stattdessen ist jedoch aller Wahrscheinlichkeit Diesel in die Emulsion gelangt - siehe unten.

**F.A.N.: Verbesserung zu Diesel 1,4472**

**Kommentar von AS:** Die leicht höhere Effizienz ist durch die etwas niedrigere Angabe der Emulgatormenge bedingt.

**F.A.N.: Verbesserung zu Diesel 1,4662**

**Kommentar von AS:** Die hohe Effizienz ergibt sich, weil G.L. 8,7 kWh angab, was laut B.F. nicht stimmen kann.

**F.A.N.: Verbesserung zu Diesel**                      **2,1869**

**Kommentar von AS:** Die leicht höhere Effizienz ist durch die Angabe einer niedrigeren Wassermenge bedingt.

**F.A.N.: Verbesserung zu Diesel**                      **1,4804**

**\* Das ist leider nicht richtig! Beide Hähne wurden in etwa synchron bewegt. Siehe auch meine übermittelten Bilder.**  
siehe hierzu links zwei Zeilen tiefer den Link zum "Umschaltvorgang"

B.F. hatte AS bereits mitgeteilt, dass die Werte wegen des zurückgeflossenen Diesels sogar noch erheblich nachkorrigiert werden müssen. Erste Begutachtungen der Rest-Emulsion ergaben nur noch 50% Wasser, was ca. 30% Dieselbeimischung entspricht. Aber auch das ist bis jetzt ungesichert. Die Beobachtung hat B.F. nicht selbst durchgeführt, sondern wurde ihm auf Umwegen mitgeteilt, weswegen sie eben ungesichert ist. Vielleicht kann noch eruiert werden, wo die Proben geblieben sind und was bei der Auswertung (Wassergehalt) herauskam.

Tests mit anderen Mischungsverhältnissen sind sicher sinnvoll.  
Im vorliegenden Demo-Versuch sollte jedoch die Lauffähigkeit mit 80% Wasser belegt werden!

**Irgendwie scheint das ja sehr schwer vermittelbar zu sein, deshalb unten nochmals erklärt.**



Kommentar von B.F.

Der 'Hebel' wird kleiner als 1, falls 1,5 L Diesel in der Emulsion waren!

### **Abschliessender Kommentar von B.F.**

#### **Nochmals Erklärung zu den Unwägbarkeiten der Mengenmessungen:**

- a) Die Emulsion wird eingefüllt.  $6 \text{ L Wasser} + 1,5 \text{ L Rapsöl} + 0,17 \text{ L Emulgator} = 7,67 \text{ L Emulsion}$ .
- b) Der Motor wird gestartet, während der Hahn auf Diesel steht.
- c) Über lange Zeit, länger als der eigentliche Test mit Emulsion, werden die Hähne langsam von Diesel nach Emulsion umgelegt und bei Nachlassen der Motordrehzahl wieder in Richtung Diesel gedreht.
- d) Von der Emulsion ist inzwischen ein Teil verbraucht und aller Wahrscheinlichkeit Diesel hineingeraten, also  $X \text{ L Emulsion} + Y \text{ L Diesel}$ .
- e) Erst jetzt wird vollständig auf Emulsion - oder eben das, was jetzt in dem Tank vorhanden ist - umgeschaltet!
- f) Ab diesem Zeitpunkt läuft der Test, 7:46 Minuten.
- g) Nach dem Test ist noch ca. 1 Liter Emulsion übrig.

Abschätzung:

X ist größer 0 und kleiner als  $7,67 - 1 = 6,67 \text{ L}$ .

Y kann aus der Beobachtung, dass sich die Restflüssigkeit am nächsten Tag auf ca. 50%Öl+50%Wasser getrennt hatte, nur vage abgeschätzt werden:  $6 - 1,5 - 0,17 = 4,33 \text{ L Diesel}$  auf die  $7,67 \text{ L Emulsion}$  bezogen.