

GUTACHTEN

Über die Energiebilanz des
Demonstrations- Auftriebskraftwerkes
Kinetik Power Plant (KPP)
der Firma ROSCH AG

Stand: 08.06.2014

Ort: Belgrad

Verfasser: HTL GmbH
Faulenbruch Str. 85
52159 Roetgen

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|--------|
| 1. Einleitung..... | - 2 - |
| 1.1. Ausgangslage..... | - 2 - |
| 1.2. Zielsetzung..... | - 2 - |
| 1.3. Aufbau des Demonstrationskraftwerkes | - 2 - |
| 2. Technische Untersuchungen..... | - 5 - |
| 2.1. Messung..... | - 5 - |
| 2.1.1. Messtechnik | - 7 - |
| 2.1.2. Durchführung der Messung | - 8 - |
| 2.1.3. Messergebnisse..... | - 9 - |
| 2.2. Sichtprüfung..... | - 10 - |
| 2.2.1. Beschreibung der Sichtprüfung..... | - 10 - |
| 2.2.2. Ergebnis der Sichtprüfung | - 10 - |
| 3. Zusammenfassung der Ergebnisse | - 11 - |
| Abbildungsverzeichnis:..... | - 12 - |
| Anhang 1: Versuchsaufbau | - 13 - |
| Anhang 2: Zusammenstellung der Messergebnisse | - 14 - |

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Die Rosch AG verfügt über ein Demonstrationskraftwerk, welches nach dem Auftriebsprinzip arbeitet und mittels geringer elektrischer Eingangsleistung eine deutlich größere elektrische Ausgangsleistung erzeugt.

1.2. Zielsetzung

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, belastbare und zuverlässige Aussagen über die energetischen Leistungsparameter (Input/Output) des Demonstrationskraftwerkes in Belgrad zu ermitteln.

Um die Leistungsparameter möglichst exakt zu erfassen, sind die Installation von Messtechnik und die Erfassung der jeweiligen Parameter in einer definierten Messperiode notwendig. Im Anschluss kann auf Basis der messtechnisch erfassten Werte der Wirkungsgrad (Ausgangsleistung / Eingangsleistung) rechnerisch ermittelt werden.

Durch diese Gutachten sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche elektrische Arbeit (kWh) benötigt das Demonstrationskraftwerk in der Anlaufphase?
2. Welche elektrische Eingangsleistung (kW) benötigt das Demonstrationskraftwerk in der Betriebsphase?
3. Welche elektrische Ausgangsleistung (kW) liefert das Demonstrationskraftwerk in der Betriebsphase?
4. Können die Kraftwerksmodule zu größeren Leistungseinheiten kombiniert werden?

Bei der durchgeführten Untersuchung ging es lediglich um die Beantwortung dieser Kernfragen.

1.3. Aufbau des Demonstrationskraftwerkes

Die Hauptkomponenten des Demonstrationskraftwerkes bestehen aus:

- Schaltschrank zur Stromversorgung des Kompressors
- Behälter mit Auftriebskörpern
- Generator
- Generator Schaltschrank
- Verbraucher

Für den Versuch wurde die Anlage wie folgt konfiguriert:

Die Stromeinspeisung des Hausnetzes versorgt über den Schaltschrank den Kompressor.

Dieser komprimiert die Luft auf den benötigten Betriebsdruck. Über eine Ventilsteuerung wird die komprimierte Luft in den Behälter mit den Auftriebskörpern geführt.



Abbildung 1 Schaltschrank zur Versorgung des Kompressors



Abbildung 2 Kompressor mit Luftversorgungsschlauch

Am Boden des Behälters wird die Druckluft den Auftriebskörpern zugeführt. Der sich einstellende Auftrieb wird über einen Kettengetriebe mit entsprechender Übersetzung umgelenkt.



Abbildung 3 Auftriebsbehälter mit Antriebswelle



Abbildung 4 Innenansicht Auftriebsbehälter ohne Wasser



Abbildung 5 Auftriebskörper



Abbildung 6 Offene Oberseite des Behälters im Betrieb

Mit dem Getriebe wird daraufhin der Generator angetrieben. Dieser gibt die erzeugte Energie an den Schaltschrank Generator ab.



Abbildung 7 Generator



Abbildung 8 Generator Schaltschrank

Von hier aus wird der Verbraucher versorgt. Als Verbraucher steht ein Wasserbehälter zur Verfügung, der mittels Widerstandsheizstäben aufgeheizt wird.



Abbildung 9 Generator mit Schaltschrank und Stromverbraucher

2. Technische Untersuchungen

2.1. Messung

Die messtechnische Untersuchung setzt die Definition einer Bilanzgrenze voraus. In Anlehnung an die ISO 13602-1 wird diese für die messtechnische Erfassung so gewählt, dass sich die Bauteile Kompressor, Auftriebsmodul und Generator innerhalb dieser Grenze befinden. Folglich ergeben sich lediglich zwei Schnittstellen an denen elektrische Energieströme zu erfassen sind. Die erste Schnittstelle (eingangsseitig) ergibt sich zum Versorgungsnetz, die zweite Schnittstelle (ausgangsseitig) bilden die Klemmen hinter dem Generator. In der nachfolgenden Grafik „Schema Bilanzgrenze“ ist das Gesamtsystem inklusive der definierten Messstellen, Messpunkt 1 (eingangsseitig) und Messpunkt 2 (ausgangsseitig) dargestellt.

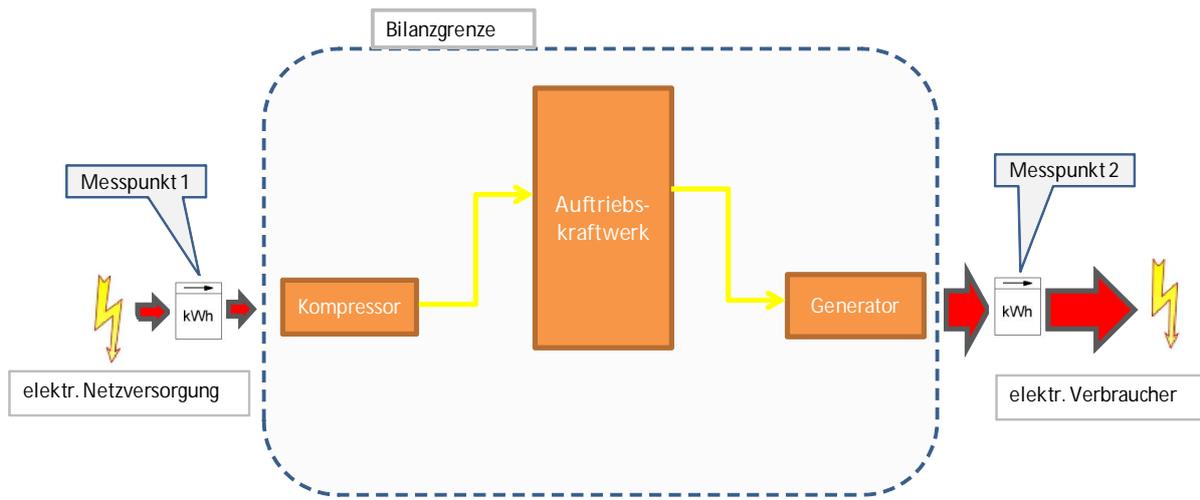


Abbildung 10 Schema Bilanzgrenze

2.1.1. Messtechnik

Zur Erfassung der elektrischen Parameter wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

| Zähleraufstellung: | | |
|--------------------|----------------------------------|---|
| EM01 | Steckerfertiger Leistungsmesser | Gesamt Eingangsstrom |
| T27 CDV | Analoger Doppeltarifzähler | vom Kompressor verbrauchte Stromarbeit (auf Zählwerk 1) |
| DTS-353 | Digitales Strommeßgerät 3-Phasig | vom Generator zur Verfügung gestellte Stromarbeit |
| Fluke 435 QP | Datenlogger | vom Generator zur Verfügung gestellte Stromarbeit (Kontrollmessung) |

EM01: (Eingangsstrom gesamt)



Abbildung 11 Messgerät EM01

T27CDV: (Messpunkt 1)

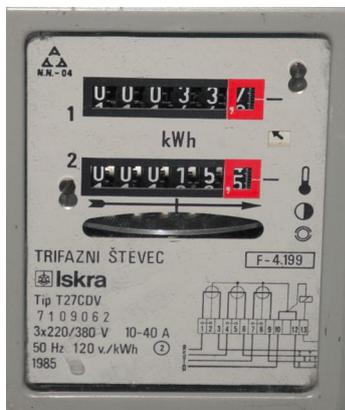


Abbildung 12 Messgerät T27 CDV

DTS 353: (Messpunkt 2)



Abbildung 13 Messgerät DTS 353

Fluke 435 QP: (Kontrollmessung zu Messpunkt 2)

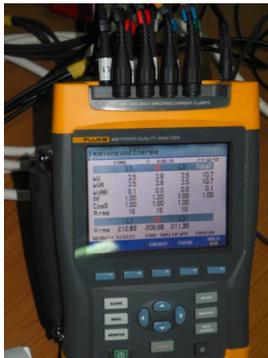


Abbildung 14 Messgerät Fluke 435 QP

2.1.2. Durchführung der Messung

Die Messung wurde entsprechend Abbildung 1 installiert. Der beschriebene Messpunkt 1 erfasst den Input der elektrischen Arbeit in kWh, Messpunkt 2 erfasst den Output der elektrischen Arbeit in kWh. Im Folgenden sind die Eckdaten der Messung aufgeführt:

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Tag der Messung: | 06.06.2014 |
| Startzeitpunkt der Messung: | 15:48 Uhr [Ortszeit Belgrad] |
| Endzeitpunkt der Messung: | 16:18 Uhr [Ortszeit Belgrad] |
| Messperiode: | 30 Minuten |

Um 15:48 Uhr wurde der Kompressor eingeschaltet. Um 15:58 Uhr wurde die Last auf den Generator geschaltet. Um 16:18 Uhr wurde die Messung beendet. Folglich beschreibt die aufgenommene elektrische Arbeit im Zeitraum von 15:48 Uhr bis 15:58 Uhr die erforderliche Arbeit in der Anlaufphase zum Aufbau des Betriebsdruckes. In dieser Phase befand sich der Generator in der Leerlaufphase. Die aufgenommene elektrische Arbeit im Zeitraum von 15:58 Uhr bis 16:18 Uhr beschreibt die benötigte elektrische Arbeit in der Betriebsphase. In dieser Phase wurde das KPP durch den Kompressor kontinuierlich mit Druckluft versorgt, während der Generator nach Zuschaltung der Last eine kontinuierliche Ausgangsleistung lieferte.

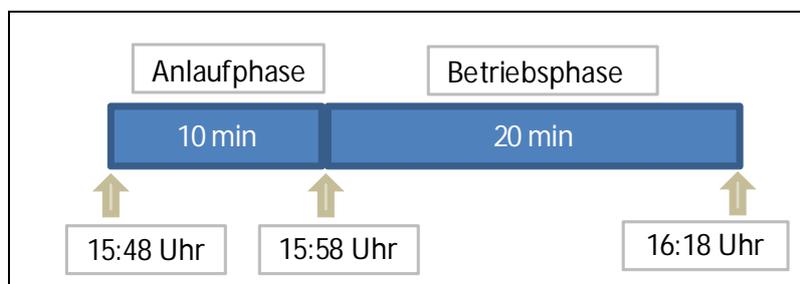


Abbildung 15 Zeitlicher Messablauf

2.1.3. Messergebnisse

Folgende Zählerstände wurden registriert:

Uhrzeit: **15:48 Uhr**

Messpunkt 1: 33,70 kWh

Messpunkt 2: 1,55 kWh

Uhrzeit: **15:58 Uhr**

Messpunkt 1: 34,00 kWh

Messpunkt 2: 1,55 kWh

Uhrzeit: **16:18 Uhr**

Messpunkt 1: 34,60 kWh

Messpunkt 2: 5,34 kWh

Nach folgender Formel lässt sich die elektrische Arbeit der jeweiligen Messstelle sowohl für die Anlauf- als auch für die Betriebsphase ermitteln:

$$\text{Elektrische Arbeit [kWh]} = \text{Zählerstand (T2)} - \text{Zählerstand (T1)}$$

T1 beschreibt den Zeitpunkt zu Beginn der jeweiligen Phase und T2 beschreibt den Zeitpunkt zum Ende der jeweiligen Phase.

Folgende Werte ergeben sich:

Anlaufphase Input: 0,3 kWh

Anlaufphase Output: 0,0 kWh (ohne Last)

Betriebsphase Input: 0,6 kWh

Betriebsphase Output: 3,79 kWh (mit Last)

Aus den Messergebnissen ergeben sich, nach Hochrechnung auf die Stunde, folgende Leistungsdaten des Demonstrationskraftwerks:

Eingangsleistung in kW [Input]: 1,80 kW_{el}

Ausgangsleistung in kW [Output]: 11,37 kW_{el}

Der Generator erzeugt Drehstrom (3Phasen). Daher wurde hier eine Kontrollmessung mit einem Spezialmessgerät durchgeführt. Hiermit wurde die Leistung der einzelnen Phasen separat erfasst. Im Messgerät erfolgte die Umrechnung zu der resultierenden Gesamtleistung.

Ausgangsleistung in kW [Output] Kontrollmessung: 10,7 kW_{el}

(Die Differenz zu 11,37kW liegt im Rahmen der Messtoleranz)

2.2. Sichtprüfung

Um auszuschließen, dass sich im inneren des Kraftwerkes keine zusätzlichen Antriebe befinden, wurde eine Sichtprüfung des Innenraumes mittels eines Endoskopie Gerätes durchgeführt.

Dafür wurde das Wasser aus dem KPP vollständig abgelassen.



Abbildung 16 Endoskop (Monitor, Kamera, Kabelhaspel)

2.2.1. Beschreibung der Sichtprüfung

Der beleuchtete, schwenkbare, Endoskopkopf wurde von oben in den Behälter mit den Auftriebskörpern eingeführt und mittels eines Kabels bis auf den Grund abgelassen. Der Innenraum konnte so auf einem externen Monitor betrachtet werden.

2.2.2. Ergebnis der Sichtprüfung

Bei der Prüfung konnte ausgeschlossen werden, dass zusätzliche Antriebe installiert wurden.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die unter Kapitel 1.2 aufgeführten Fragen beantwortet:

1. Welche elektrische Arbeit benötigt das Demonstrationskraftwerk in der Anlaufphase?

0,3 kWh

2. Welche elektrische Eingangsleistung benötigt das Demonstrationskraftwerk in der Betriebsphase?

1,8 kW

3. Welche elektrische Ausgangsleistung liefert das Demonstrationskraftwerk in der Betriebsphase?

11,37 kW (lt. Kontrollmessung 10,7kW)

4. Können die Kraftwerksmodule zu größeren Leistungseinheiten kombiniert werden?

Zur Kombination der Kraftwerksmodule müssen diese komplett mit allen Komponenten erstellt werden.

Daraufhin können die einzelnen Module elektrisch zusammengeschaltet werden.

Damit ist eine beliebige Erweiterbarkeit zu größeren Leistungseinheiten möglich.

Durch Vergrößerung der Behälterhöhe und damit der Wassersäule kann ebenfalls eine Leistungserhöhung bei gleichem Luftvolumenstrom erreicht werden.

Roetgen, den 12.06.2014

HTL GmbH

Faulenbruchstraße 85

52159 Roetgen



Jürgen Holper

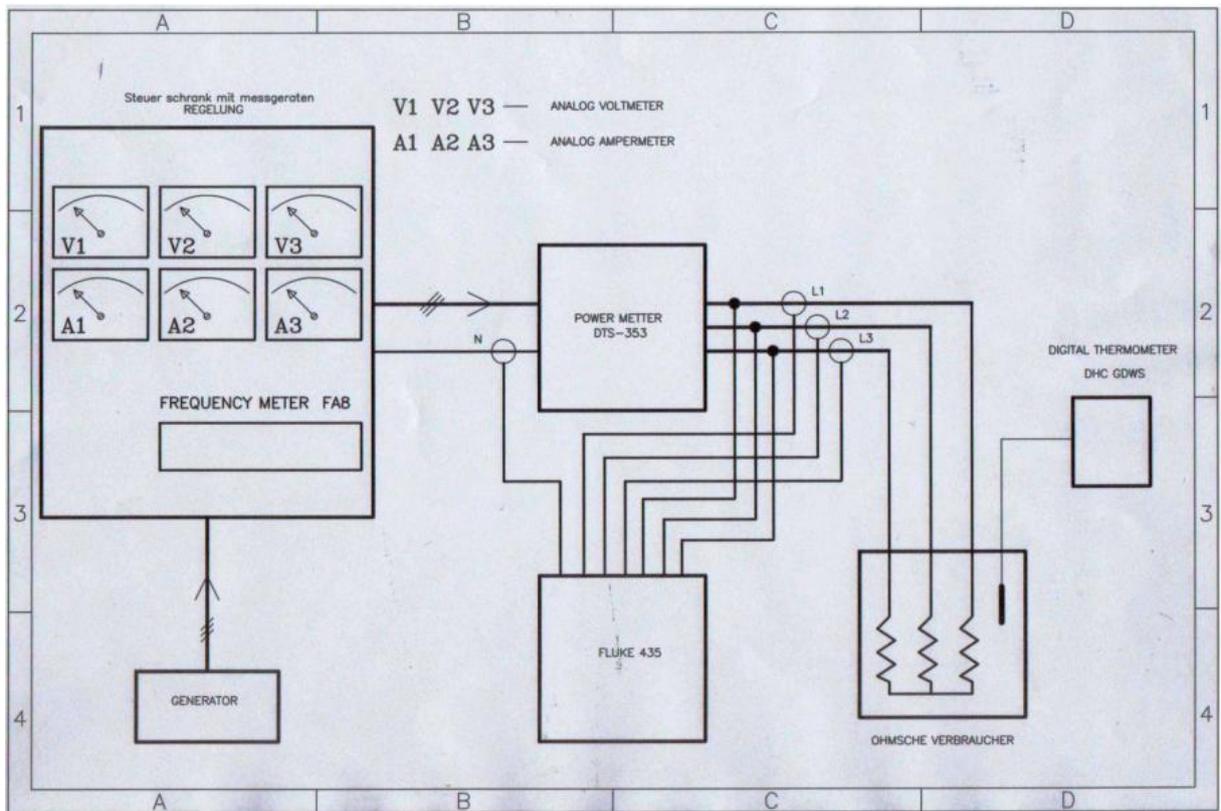
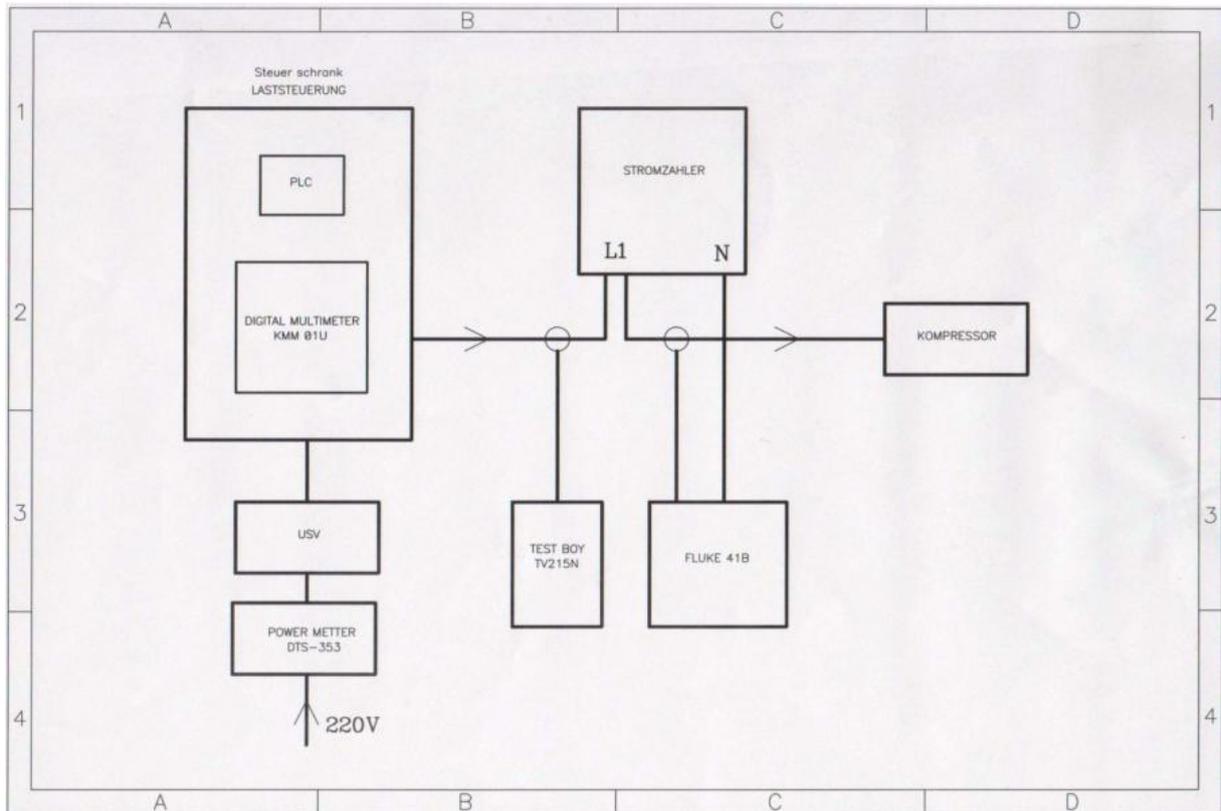


Dennis Link

Abbildungsverzeichnis:

| | |
|--|--------|
| Abbildung 1 Schaltschrank zur Versorgung des Kompressors | - 3 - |
| Abbildung 2 Kompressor mit Luftversorgungsschlauch | - 3 - |
| Abbildung 3 Auftriebsbehälter mit Antriebswelle..... | - 3 - |
| Abbildung 4 Innenansicht Auftriebsbehälter ohne Wasser | - 3 - |
| Abbildung 5 Auftriebskörper | - 4 - |
| Abbildung 6 Offene Oberseite des Behälters im Betrieb..... | - 4 - |
| Abbildung 7 Generator..... | - 4 - |
| Abbildung 8 Generator Schaltschrank | - 5 - |
| Abbildung 9 Generator mit Schaltschrank und Stromverbraucher | - 5 - |
| Abbildung 10 Schema Bilanzgrenze | - 6 - |
| Abbildung 11 Messgerät EM01 | - 7 - |
| Abbildung 12 Messgerät T27 CDV | - 7 - |
| Abbildung 13 Messgerät DTS 353..... | - 7 - |
| Abbildung 14 Messgerät Fluke 435 QP | - 8 - |
| Abbildung 15 Zeitlicher Messablauf..... | - 8 - |
| Abbildung 16 Endoskop (Monitor, Kamera, Kabelhaspel) | - 10 - |

Anhang 1: Versuchsaufbau



Anhang 2: Zusammenstellung der Messergebnisse

| Verbrauchsstelle | | [h] | [kWh] | [h] | [kWh] | [h] | [kWh] | [kW] |
|---|--------------|-----------|---------|-----------|---------|---------------|--------|----------|
| Kompressor | T27 CDV | 15:48 | 33,7 | 15:58 | 34 | 00:10 | 0,30 | 1,8 |
| Netzeinspeisung | EM 01 | | | | | | | |
| Generator / Verbraucher | DTS-353 | 15:48 | 1,55 | 15:58 | 1,55 | 00:10 | 0 | 0 |
| Generator / Verbraucher Kontrollmessung | Fluke 435 QP | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Zusammenstellung Messung | Zähler Typ | Uhrzeit 1 | Stand 1 | Uhrzeit 2 | Stand 2 | Zeitdifferenz | Arbeit | Leistung |
| Verbrauchsstelle | | [h] | [kWh] | [h] | [kWh] | [h] | [kWh] | [kW] |
| Kompressor | T27 CDV | 15:58 | 34 | 16:18 | 34,6 | 00:20 | 0,6 | 1,8 |
| Netzeinspeisung | EM 01 | | | 16:18 | | | | 2,069 |
| Generator / Verbraucher | DTS-353 | 15:58 | 1,55 | 16:18 | 5,34 | 00:20 | 3,79 | 11,37 |
| Generator / Verbraucher Kontrollmessung | Fluke 435 QP | | | 16:18 | | | | 10,7 |