

Kühlwasser über, dessen Menge G_1 in Kilogramm sowie Temperatur an Zu- und Abflußstelle (t_1 bzw. t_2) gemessen werden. Desgleichen wird der Gasverbrauch l in Liter innerhalb der Beobachtungszeit, die Temperatur t' des zufließenden Gases, der Gasüberdruck p' in Millimeter Quecksilbersäule und der Barometerstand b in Millimeter ermittelt. Der bei der Verbrennung entwickelte Wasserdampf schlägt sich an der Wand des Gefäßes nieder; dieses Wasser (Kondensation) wird aufgefangen und ebenfalls gewogen; dasselbe wiege G_2 Kilogramm.

Die Wärmemenge Q_1 , welche durch das Kühlwasser bei der Verbrennung von einem Liter Gas abgeführt wurde, ist:

$$(16) \dots \dots \dots Q_1 = \frac{1}{l} \cdot G_1 \cdot (t_2 - t_1) \text{ Kal.}$$

Hiervon ist abzuziehen die Wärmemenge, die im Wasserdampf der Verbrennungsprodukte enthalten war, weil dieselbe bei der Kondensation wieder frei geworden und an das Kühlwasser übergegangen ist; sie sei Q_2 und drückt sich, wenn λ (nach den Fliegnerschen Tabellen) die Gesamtwärme des gesättigten Wasserdampfes ist, aus als:

$$(17) \dots \dots \dots Q_2 = \frac{1}{l} \cdot G_2 \cdot \lambda,$$

λ ist für atmosphärischen Druck rund 600 Kal./kg.

Die pro 1 Liter Gas entwickelte Wärme ist demnach:

$$Q = Q_1 - Q_2 \text{ Kal.}$$

oder auf 0° C und 760 mm Hg reduziert:

$$(18) \dots \dots \dots Q_0 = \frac{273 + t'}{273} \cdot \frac{760}{p' + b} \cdot Q \text{ Kal.}$$

Auf Grund dieser Heizwertbestimmung und des Versuches am Gasmotor ergibt sich die Wärmebilanz. Die rechnerische Durchführung derselben wird weiter unten (s. S. 164, 3. Beispiel) gezeigt werden.

Erstes Beispiel.

Untersuchung eines Gasmotors von 2 PS Normalleistung, 140 mm Zylinderdurchmesser und 280 mm Kolbenhub.

I. Versuchsdaten.

- Gasdruck mit Wassermanometer gemessen = 36 mm Wassersäule;
- Tourenzahl im Mittel von 30 Zählungen 164,5;
- Barometerstand 742,1 mm Hg;
- Temperatur der Luft 19° C;
- Temperatur des zu- und abfließenden Kühlwassers 13,2° C bzw. 37,2° C;
- Oberfläche des Leitungsrohres für das abfließende Wasser, festgestellt behufs Berechnung des Strahlungsverlustes, = 0,47 qm.

In zwei Minuten fanden fünf Aussetzer statt. Bei Leerlauf erfolgten pro Minute 26 Ansaugungen, und da während zwei Umdrehungen normal eine Ansaugung erfolgen sollte und die Tourenzahl 164 war, so ergaben sich $\frac{164}{2} - 26 = 56$ Aussetzer.

Die Bestimmung der effektiven Arbeit erfolgte mittels des Brauerschen Bremsdynamometers. Die Bremsbelastung betrug 9 kg, der Hebelarm derselben 769 mm; der Hebelarm des Hebels an der Bremse 953 mm, das Gewicht des letzteren 0,79 kg; der Hebelarm des Hakens 709 mm, das Gewicht 0,572 kg; der Hebelarm der Feder 170 mm, das Gewicht 0,131 kg; der Hebelarm des Spannriemens (von Eisen) 1103 mm, das Gewicht 0,097 kg; der Hebelarm der Anschlüsse 769 mm, das Gewicht 0,645 kg. — Sämtliche Gewichte sind auf einen Hebelarm zu reduzieren und in Rechnung zu ziehen.

Die Untersuchung erstreckte sich auf folgende Ermittlungen:

1. Wieviel Kilogramm Wasser sind pro Stunde erforderlich?
2. Wieviel Kilogramm Gas sind pro Stunde erforderlich?
3. Wieviel Kalorien Wärmevermögen stehen insgesamt zur Verfügung?
4. Wieviel Kalorien bzw. Prozente des Gesamtwärmevermögens werden an das Wasser abgegeben?
5. Wie groß ist die effektive Arbeit in Pferdestärken?
6. Wie groß ist die indizierte Arbeit in Pferdestärken?
 - a) unter Nichtberücksichtigung der Aussetzer,
 - b) unter Berücksichtigung der Aussetzer.
7. Wieviel Kalorien bzw. Prozente des Gesamtwärmevermögens sind für die effektive Arbeit erforderlich?
8. Wieviel Kalorien bzw. Prozente des Gesamtwärmevermögens sind für die indizierte Arbeit erforderlich?
9. Wie stellt sich das Verhältnis $\frac{\text{Bremsarbeit}}{\text{indizierte Arbeit}}$ (Wirkungsgrad)?
 - a) unter Nichtberücksichtigung der Aussetzer,
 - b) unter Berücksichtigung der Aussetzer.
10. Wie stellt sich der Gasverbrauch beim Leerlauf?

II. Ausrechnungen der Versuchsergebnisse.

1. Der Kühlwasserverbrauch betrug im Mittel in einer Stunde 266,6 kg.
2. Der Gasverbrauch, abgelesen am Gasometer, ergab sich in einer Stunde, 11 Minuten und 15 Sekunden zu 3000 Liter, somit in einer Stunde zu 2525 Liter. Dieser Gasverbrauch wurde festgestellt bei einem Luftdruck von 742,1 mm Barometerstand; demnach beträgt derselbe bei 760 mm Barometerstand pro Stunde nach Formel (5), S. 154:

$$2525 \cdot \frac{742,1}{760} = 2465 \text{ Liter} = 2,465 \text{ cbm.}$$

Pro Kubikmeter Gas waren also $266,6 : 2,465 = 106 \text{ kg}$ Wasser nötig.

3. Der Heizwert des Gases betrug rund 6000 Kal., somit die gesamte Verbrennungswärme des verbrauchten Gases:

$$2,465 \cdot 6000 = 14790 \text{ Kal.}$$

4. Das Kühlwasser hatte sich von $13,2^\circ$ auf $37,2^\circ \text{C}$ und mit Berücksichtigung der Strahlung des Rohres für das abfließende Wasser auf $37,7^\circ \text{C}$ erhöht, also sind pro Stunde

$$266,6 \cdot (37,7 - 13,2) = 6540 \text{ Kal.}$$

oder 44,2 Proz. des Gesamtwärmevermögens an das Wasser abgegeben worden.

5. Bei Reduktion sämtlicher Gewichte auf den Hebelarm 769 mm erhält man eine Bremslast von 11,77 kg. Nach Formel (7), S. 154 ist somit die effektive Arbeit in PS_e:

$$N_e = \frac{11,77 \cdot 0,769 \cdot 164,5}{716,200} = 2,07 \text{ PS}_e.$$

6 a. Der mittlere indizierte Druck ergab sich aus dem Diagramm

zu $p_i = 3,42 \text{ kg/qcm}$, die Oberfläche $O = \frac{\pi \cdot 0,140^2}{4} = 0,0154 \text{ qm}$,

$n = 164,5$, $s_1 = \frac{s}{4} = \frac{0,28}{4}$; somit ist die mittlere indizierte Leistung

bei Nichtberücksichtigung der Aussetzer nach Formel (9 a), S. 155:

$$N_i = 0,0154 \cdot 10000 \cdot 3,42 \cdot \frac{0,28 \cdot 164,5}{4 \cdot 30} \cdot \frac{1}{75} = 2,69 \text{ PS}_i.$$

6 b. Es würden ohne Berücksichtigung der Aussetzer (5 innerhalb 2 Minuten, daher pro Minute 2,5) entsprechend einer Tourenzahl pro

Minute von $\frac{164}{2} = 82$ an der Regulierwelle 2,69 PS geleistet. Diese

Leistung reduziert sich jedoch unter Berücksichtigung der Aussetzer im

Verhältnis $\frac{82 - 2,5}{82}$, d. h. auf

$$2,69 \cdot \frac{79,5}{82} = 2,61 \text{ PS.}$$

7. Die durch Bremsung geleisteten Kalorien sind nach Formel (8), S. 154:

$$\frac{2,07 \cdot 75 \cdot 60 \cdot 60}{424} = 1316,5 \text{ Kal.}$$

oder in Prozenten des Gesamtwärmevermögens:

$$\frac{1316,5 \cdot 100}{14790} = 8,9 \text{ Proz.}$$

8. Der indizierten Arbeit entspricht bei Berücksichtigung bzw. bei Nichtberücksichtigung der Aussetzer ein Energieaufwand in Kalorien (analog 6b bzw. 6a) von:

$$\frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{424} \cdot 2,69 = 1711, \text{ bzw. } \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{424} \cdot 2,61 = 1660 \text{ Kal.}$$

oder in Prozenten des Gesamtwärmevermögens:

$$11,57 \text{ Proz. bzw. } 11,20 \text{ Proz.}$$

$$9. \text{ Der Wirkungsgrad} = \frac{\text{Bremsarbeit}}{\text{indizierte Arbeit}} \text{ [s. Formel (10), S. 155]}$$

ergibt sich unter der Bedingung 9b zu:

$$100 \cdot \frac{2,07}{2,61} = 77 \text{ Proz.,}$$

unter der Bedingung 9a zu:

$$100 \cdot \frac{2,07}{2,69} = 79,4 \text{ Proz.}$$

10. Für Leerlauf reduziert sich der Gasverbrauch annähernd im Verhältnis der Ansaugungen bei Leerlauf $= \frac{26}{79,5}$, woraus ein Verbrauch von 830 Liter pro Stunde folgt. Der vom Gasometer angezeigte Wert war etwas höher.

Der verhältnismäßig hohe Gasverbrauch des Motors erklärt sich aus seiner veralteten Konstruktion.

Zweites Beispiel.

Untersuchung eines 16 pferdigen Gasmotors von Gebr. Körting-Körtingsdorf bezügl. Gasverbrauch¹⁾, Zylinderdurchmesser 270 mm, Kolbenhub 470 mm.

Die Zündflammenleitung war während des Versuches vor der Gasuhr abzweigend, so daß der Verbrauch der Zündflamme nicht mitgerechnet wurde. Späterhin wurde derselbe durch eine besondere kleine Gasuhr zu 0,071 cbm pro Stunde bestimmt.

Der Barometerstand war während des Versuches 755 mm, die Gas-temperatur in der Gasuhr 21°C, somit mußten die Angaben der Gasuhr — um auf den mittleren Barometerstand von 760 mm und die mittlere Erdleitungstemperatur von 12°C reduziert zu werden — mit

$$\frac{755}{760} \cdot \frac{273 + 12}{273 + 21} = 0,963$$

nach Formel (5), S. 154 multipliziert werden.

¹⁾ Siehe offizieller Bericht der Prüfungskommission der Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891, welcher der Verfasser als Assistent angehörte.