

2. Theoretisches über Gasmotoren und rechnerische Untersuchung eines Generators und Gasmotors.

Der Kreisprozeß im Gasmotor ist ein unvollkommener, da die verfügbare Wärme nicht vollständig in Arbeit umgewandelt und demnach auch der theoretische Wirkungsgrad des idealen vollkommenen Gasmotors nicht erreicht wird.

Es gibt verschiedene Arten von Gasmotoren bzw. Betriebssysteme bei denselben. An dieser Stelle seien speziell nur solche Maschinen behandelt, bei welchen die Verbrennung bei konstantem Volumen mit vorhergehender Kompression erfolgt. Bei denselben ist der Wirkungsgrad sowohl von der Maximaltemperatur des Gases nach der Explosion als auch von der Kompression abhängig. Am rationellsten von allen Gasmaschinen arbeiten die Viertaktmaschinen, bei welchen für je zwei volle Kurbelumdrehungen durch die eintretende Gasexplosion ein Kolbenantrieb erfolgt. Die vierteilige Betriebsperiode geht so vor sich, daß beim ersten Hub die Aufnahme, beim zweiten die Kompression und beim dritten die Explosion der Ladung erfolgt, während durch den vierten Hub die Verbrennungsgase ausgetrieben werden. Der Regulator dient zur Konstanterhaltung der Umdrehungszahl durch Verhinderung einzelner Entzündungen — bei zu raschem Umlaufe — oder in vollkommenerer Weise durch geeignetes Variieren der Füllung — bis die normale Umdrehungsgeschwindigkeit wieder erreicht ist.

Im folgenden werde ich kurz die zur späteren Berechnung nötigen Daten und Formeln geben.

Nach dem Gay-Lussac-Mariotteschen Gesetze gilt:

$$(5) \dots\dots\dots \frac{V}{V_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{p_1}{p},$$

worin T bzw. T_1 die absolute Temperatur $273 + t$ bzw. $273 + t_1$, p und p_1 bzw. V und V_1 die Drucke bzw. Volumina derselben Gewichtsmenge Gas bei t^0 bzw. t_1^0 C bedeuten.

Bei Bestimmung der effektiven Leistung N_e in Pferdestärken benötigt man zur Berechnung der Bremsresultate die Formel:

$$(6) \dots\dots\dots P \cdot R = 716,200 \cdot \frac{N_e}{n},$$

bzw.

$$(7) \dots\dots\dots N_e = \frac{P \cdot R \cdot n}{716,200},$$

worin P in Kilogramm und R in Meter die Bremslast bzw. die Länge des Bremshebelarmes und n die Zahl der Umdrehungen pro Minute bezeichnen.

Die durch Bremsung geleisteten Kalorien ergeben sich aus:

$$(8) \dots\dots\dots N_e \cdot 75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot A = \text{Kal.} \left(A = \frac{1}{424} \right).$$

Die indizierte Arbeit in Pferdestärken N_i resultiert aus:

$$(9a) \dots \dots N_i = O \cdot 10000 \cdot p_i \cdot \frac{s_1 \cdot n}{30} \cdot \frac{1}{75};$$

hierin ist O die nutzbare Kolbenfläche in Quadratmeter; p_i der mittlere indizierte Druck in Kilogramm-Quadratzentimeter, n die Tourenzahl pro Minute, $s_1 = \frac{s}{4}$ = reduzierter Kolbenhub in Meter, da die eigentliche Arbeit nur bei jedem vierten Kolbenhub geleistet wird.

Handelt es sich um einen Gasmotor, der mit Auslassern (Aussetzen der Zündung) arbeitet, so ist der nach der Formel (9a) erhaltene Wert noch entsprechend umzurechnen; bezeichnet n' die Zahl der Zündungen, so ist, da normal auf zwei Umdrehungen eine Zündung kommt, der genannte Wert unter (9a) mit dem Verhältnis $\frac{n'}{n/2}$ zu multiplizieren.

Man kann auch statt mit der Tourenzahl von vornherein mit der Explosionszahl rechnen, um so mehr wenn dieselbe, wie häufig geschieht, durch einen besonderen registrierenden Explosionszähler festgestellt wird. Die Formel (9a) nimmt sodann die Gestalt an:

$$(9b) \dots \dots N_i = O \cdot 10000 \cdot p_i \cdot \frac{s \cdot n'}{60} \cdot \frac{1}{75}.$$

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der effektiven Bremsarbeit N_e zur indizierten Arbeit N_i :

$$(10) \dots \dots \eta = \frac{N_e}{N_i}.$$

Will man außer dem mechanischen Wirkungsgrade $\left(\frac{N_e}{N_i}\right)$ den Gesamtnutzeffekt der Gasmaschine, d. h. die Wärmeausnutzung des Gases ermitteln, so ist den vorstehenden Versuchen noch die Heizwertbestimmung für das verwendete Gas anzuschließen.

Die Durchführung von Bremsungen und andere Untersuchungen sind nur dann einfach, solange genaue Apparate in der erforderlichen Größe zur Verfügung stehen und solange die lokalen Verhältnisse eine Prüfung zulassen. Bei großen Gasmotoren ist eine Bremsung mit dem Bremsband immerhin gefährlich und häufig an Ort und Stelle nicht durchführbar. Es ist daher wertvoll auf rechnerischem Wege die Leistung des Gasmotors und andere Verhältnisse kennen zu lernen. Bei der indirekten elektrischen Bremsung bestehen bei Riemenantrieb mit Vorgelege vielfach Meinungsverschiedenheiten über die Verluste der Transmission und Riemenübertragung. Die meisten sind geneigt diese Verluste zu gering einzuschätzen oder bei der Berechnung zu niedrige Werte für Reibungskoeffizienten und andere Faktoren einzusetzen. Ich habe dieses als gerichtlicher Sachverständiger vielfach erlebt. Man sucht daher häufig mit den vorhandenen Mitteln je nach den lokalen

Verhältnissen durch Messung ein Resultat zu erzielen und hegt den Wunsch, dieses Ergebnis rechnerisch zu kontrollieren. Zuweilen muß man sich auch mit der Rechnung allein zufrieden geben. Aus dem Kolbenhube s in Meter, der Tourenzahl pro Minute n ergibt sich die Kolbengeschwindigkeit c pro Sekunde in Meter zu:

$$(11) \dots \dots \dots c = \frac{s \cdot n}{30}.$$

Das Hubvolumen in Liter pro Pferdestärke für die normale Leistung ist:

$$(12a) \dots \dots \dots \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s \cdot n \cdot \eta_e;$$

in der Formel ist d der Zylinderdurchmesser und s der Kolbenhub in Dezimeter einzusetzen.

Das sekundliche Volumen in Liter ist sodann:

$$(12b) \dots \dots \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot c \cdot \eta_e \quad (c \text{ ist auch in Dezimeter einzusetzen}).$$

Der mittlere Druck ergibt sich zu:

$$(13) \dots \dots \dots p_i = 4 \text{ bis } 4,25 \text{ Atm.}$$

als Mittelwert aus einer Reihe von Ausführungen für Kraftgasmotoren und die Normalleistung:

$$(14) \dots \dots \dots N_e = \eta \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot p_i \cdot c;$$

in dieser Formel ist $\eta = 0,75$ zu setzen [s. auch Formel (9 a), S. 155].

Die Normalleistung kann um 10 bis 15 Proz. bei reichlicher Dimensionierung der Maschine überschritten werden, so daß

$$(15) \dots \dots \dots N_{max} = 1,10 N_e \text{ bis } 1,15 N_e$$

ist. Der Ungleichförmigkeitsgrad ermittelt sich in bekannter Weise aus dem Schwungraddiagramm. Pro Quadratmeter Schachtquerschnitt rechnet man 100 bis 120 kg; hierbei kommt ein Anthrazitverbrauch von 0,4 bis 0,45 kg pro Pferdekraftstunde in Frage. Falls der Generatorquerschnitt niedriger bemessen ist, so muß der Anthrazit besonders vollwertig sein, damit die entsprechende Leistung erreicht wird.

3. Kalorimetrische Untersuchung des Gases.

Zur kalorimetrischen Untersuchung des Gases benutzt man am zweckmäßigsten das Junkersche Kalorimeter. Der Vorgang des Versuches ist, kurz gefaßt, folgender: In einer vertikal stehenden, von Kühlwasser umspülten Trommel wird das zu prüfende Gas (als Flamme) eine bestimmte Zeitlang verbrannt. Die entwickelte Wärme geht an das