

handbuch verbrennungsmotor grundlagen komponenten systeme perspektiven ebook



Download handbuch verbrennungsmotor grundlagen komponenten systeme
perspektiven ebook



3 Kenngrößen

Motorkenngrößen dienen dem Entwickler, dem Konstrukteur sowie dem Benutzer von Verbrennungsmotoren als wichtiges Hilfsmittel bei der Auslegung der Grundabmessungen, bei der Leistungs- und Verbrauchsbetrachtung und bei der Beurteilung und dem Vergleich verschiedener Motoren. Man unterscheidet zwischen den konstruktiven *Motorkenngrößen* wie Hub, Bohrung, Hubvolumen, Verdichtungsverhältnis und den *Betriebskenngrößen* wie Leistung, Drehmoment, Drehzahl, Mitteldruck, Liefergrad und Kraftstoffverbrauch.

3.1 Hubvolumen

Das Hubvolumen V_h für einen Motorzylinder ist der Raum, den der Kolben bei einem Kolbenhub vom unteren Totpunkt bis zum oberen Totpunkt durchläuft.

$$V_H = V_h \cdot z = \frac{\pi \cdot d_K^2}{4} \cdot s \cdot z \quad (3.1)$$

mit

- s = Kolbenhub
- d_K = Kolben- beziehungsweise Zylinderdurchmesser
- V_h = Hubvolumen für einen Zylinder
- V_H = Gesamthubvolumen des Motors
- z = Zylinderzahl

Herleitung des Kolbenhubs und des Hubvolumens über Kurbelstellung, siehe Bild 3-1

$$s_\alpha = r + l - x = r + l - r \cdot \cos \alpha - l \cdot \cos \beta \quad (3.2)$$

mit:

- r = Kurbelradius
- l = Pleuellänge

Zwischen dem Kurbelwinkel α und dem Pleuelschwenkwinkel β (Pleuelwinkel) besteht der Zusammenhang:

$$l \cdot \sin \beta = r \cdot \sin \alpha \quad (3.3)$$

$$\beta = \arcsin \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \right) \quad (3.4)$$

Mit Berücksichtigung von

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2 \cdot \sin^2 \alpha} \quad (3.5)$$

und Einführung des Schubstangenverhältnisses

$$\lambda_s = \frac{r}{l} \quad (3.6)$$

erhält man für den Kolbenweg die Beziehung:

$$s_\alpha = r \cdot \left(1 + \frac{l}{r} - \cos \alpha - \frac{l}{r} \cdot \sqrt{1 - (r/l)^2 \cdot \sin^2 \alpha} \right) \quad (3.7)$$

$$s_\alpha = r \cdot \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{1}{\lambda_s} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha} \right) \right] \quad (3.8)$$

beziehungsweise

$$s_\alpha = r \cdot f(\alpha) \quad (3.9)$$

mit $f(\alpha)$ = Hubfunktion.

Das Schubstangenverhältnis λ_s liegt bei Pkw-Motoren üblicherweise im Bereich von 0,2 bis 0,35. Mit der Formel für den Kolbenweg lässt sich schwierig rechnen, vor allem dann, wenn Kolbengeschwindigkeit beziehungsweise Kolbenbeschleunigung zu ermitteln sind. Meistens kann vereinfachend eine Näherungsformel benutzt werden, in der der Wurzelausdruck nach einer Potenzreihe (MacLaurin-Reihe) entwickelt wird:

$$\sqrt{1 - \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha - \frac{1}{8} \cdot \lambda_s^4 \cdot \sin^4 \alpha - \frac{1}{16} \cdot \lambda_s^6 \cdot \sin^6 \alpha - \dots \quad (3.10)$$

Wegen der Werte von $\lambda_s \approx 0,2$ bis $0,35$ ist bereits das 3. Glied gegenüber dem 1. Glied (1) sehr klein, so dass

$$\sqrt{1 - \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha} \approx 1 - \frac{1}{2} \cdot \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha \quad (3.11)$$

gesetzt werden kann.

Mit der trigonometrischen Beziehung:

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos 2\alpha) \quad (3.12)$$

ergibt sich dann für den Kolbenweg s_α :

$$s_\alpha \approx r \cdot \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{1}{\lambda_s} \cdot \left(1 - 1 + \frac{1}{2} \cdot \lambda_s^2 \cdot \sin^2 \alpha \right) \right] \quad (3.13)$$

$$s_\alpha \approx r \cdot \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{1}{4} \cdot \lambda_s \cdot (1 - \cos 2\alpha) \right] \quad (3.14)$$

Für das vom Kurbelwinkel abhängige Brennraumvolumen V_α folgt:

$$V_\alpha = V_c + A_K \cdot s_\alpha \quad (3.15)$$

mit

V_c = Kompressionsvolumen (siehe 3.2)

A_K = Kolbenfläche

Damit ergibt sich:

$$V_\alpha \approx V_c + A_K \cdot r \cdot \left[1 - \cos \alpha + \frac{1}{4} \cdot \lambda_s \cdot (1 - \cos 2\alpha) \right] \quad (3.16)$$

Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau. Seit Generationen DAS Standardwerk für Ingenieure und Studierende des Maschinenbaus. Die regelmäßige Neubearbeitung.