

Jüngste Pressemeldungen aus Westdeutschland deuten darauf hin, daß sich die Gesetzgebung anscheinend hinter die durchsichtigen Interessen der Produzenten von Hubkolbenmotoren zu stellen beabsichtigt, indem der Kreiskolbenmotor (NSU-Wankel) durch eine falsche Anwendung der Hubraumbesteuerung (Besteuerung des Dreifachen eines Kammervolumens) bewußt benachteiligt werden soll. Dieser Absicht als Beispiel dafür, wie man sich in Westdeutschland wider besseres Wissen offiziell gegen den Fortschritt stellt, sollte die internationale Fachwelt mit lauter Stimme entgegnet werden, wozu der nachfolgende Beitrag anregen möchte.

Die Redaktion

Ing. ROLAND SCHUSTER, Zschopau

Wie ist der NSU-Wankel-Motor im Vergleich zum Hubkolbenmotor zu versteuern?

Über die Einstufung des NSU-Wankel-Motors ist in den letzten Jahren schon sehr viel geschrieben worden. In der Hauptsache interessiert diese Einstufung deshalb, weil meist, wie auch bei uns, die Größe des gesamten Hubraumes eines Verbrennungsmotors zur Besteuerung herangezogen wird. Dieses Steuergesetz, das heute noch Gültigkeit hat, stammt aus dem Jahre 1924. Bei der Besteuerung ist es bekanntlich gleichgültig, ob es sich um Zweitakt- oder Viertaktmotoren handelt. Einstmals löste das Hubraumbesteuerungsgesetz eine schnelle technische Entwicklung des gesamten Motorenbaues aus, denn großvolumige, langsamlaufende Motoren wurden durch die heute kleinvolumigen, mehrzylindrigen, schnelllaufenden Aggregate ersetzt. Seit Erscheinen des NSU-Wankel-Motors im Jahre 1960 zeigen sich erneut die Mängel dieser Steuerformel, die bei der Anwendung auf diesen neuen Motortyp erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Dabei zeigt es sich, daß das gültige Hubraumbesteuerungsgesetz gemäß der bisher geübten Anwendungspraxis nicht so ohne weiteres zu übernehmen ist.

Der NSU-Kreiskolbenmotor hat bekanntlich als bewegte Teile nur eine Exzenterwelle und einen Kreiskolben (Bild 1) im Gegensatz zur Hubkolben-Brennkraftmaschine mit Zylinder, Kolben, Pleuelstange, Ventilmechanismus sowie einer Kurbelwelle (Bild 2). Über die Hubraumbewertung von NSU-Wankel-Motoren gibt es drei verschiedene Meinungen:

1. Als Hubraum rechnet man das Volumen einer Kammer.
2. Das gesamte Hubvolumen setzt sich aus dem Dreifachen eines Kammervolumens zusammen.
3. Als Gesamtvolumen werden zwei Drittel der drei Kammern, also zwei Kammern, gerechnet.

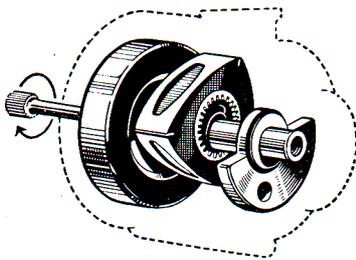


Bild 1
Exzenterwelle und Kreiskolben des NSU-Wankel-Motors

Die einen verteidigen Punkt 1, stellen also den Kreiskolbenmotor als Wundermotor mit sehr hohen spezifischen Leistungen dar. Die anderen verteidigen Punkt 2 bzw. Punkt 3. Das westdeutsche Verkehrsministerium will jetzt den Punkt 2 zur Grundlage für die Besteuerung machen.

Die folgenden Betrachtungen sollen beweisen, daß man beim NSU-Wankel-Motor nur zwei Kammern als Gesamthubraum zur Besteuerung rechnen kann. Eigentlich dürfte es gleich sein, wenn man von der Besteuerung absieht, wie der Wankelmotor im Hubvolumen berechnet wird; die Hauptsache ist, daß der Motor sparsam im Kraftstoffverbrauch ist, daß er also einen hohen Wirkungsgrad besitzt. Um allen Streit zu beenden, wäre es das einfachste, wenn man dazu übergehen würde, die Besteuerung, die sich z. Z. in vielen Ländern noch auf das strittige Gesamtvolumen bezieht, zu ändern. Beispielsweise könnte man die Steuern wie in Frankreich in den Kraftstoffpreis einbeziehen und die sogenannte Hubraumbesteuerung ganz fallen lassen. Oder man legt die Motorleistungswerte zugrunde (Versicherung!). Ob man sich aber dazu

entschließt, wenn der NSU-Wankel-Motor einmal serienmäßig auf dem Markt erscheint, ist noch fraglich.

Eins steht aber heute schon fest: der NSU-Wankel-Motor wird kommen, wenn er auch nicht über Nacht alle konventionellen Hubkolbenmotoren verdrängen wird.

Seine Hauptvorteile liegen u. a. in seinem geringen Masse-Leistungs-Verhältnis, seinem kleinen Bauvolumen und im Wegfall der freien Massenkräfte, da er zu 100 % ausgewuchtet werden kann. Der Gesamtwirkungsgrad wird aber nicht wesentlich günstiger liegen als bei den bisherigen ausgereiften Hubkolbenmotoren. Der NSU-Wankel-Motor arbeitet im Ladungswechsel nach dem Viertaktprinzip, d. h.

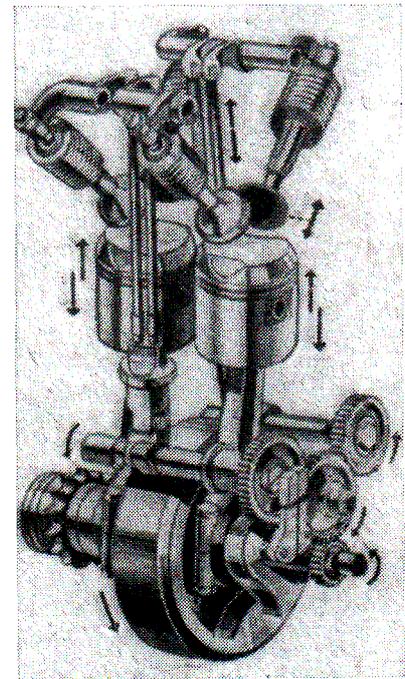


Bild 2
Zweizylinder-Viertakt-Kolbenmotor mit den vielen Massen sich hin- und herbewegender Bauteile

mit den Arbeitstakten Ansaugen, Verdichten, Expandieren, Ausstoßen. Bei jeder Exzenterwellenumdrehung hat der KK-Motor einen Arbeitstakt. Wenn man Exzenterwellenumdrehung = Kurbelwellenumdrehung setzt – beide geben ja die Kraft ab –, dann muß man den Motor mit einem Zweizylinder-Viertaktmotor vergleichen. Da man zur Besteuerung des Zweizylinder-Viertaktmotors als Gesamthubraum beide Zylinderhubräume zählt, müßte man folgerichtig auch zwei Kammern des KK-Motors zur Besteuerung zugrunde legen. Um das zu untermauern, soll die Rechnung über den mittleren Arbeitsdruck herangezogen werden. Für den Zweitaktmotor gilt

$$p_e = 0,63 \cdot \frac{M_d}{V_h}$$

für den Viertaktmotor

$$p_e = 1,26 \cdot \frac{M_d}{V_h}$$

(Fortsetzung auf Seite 382)

Da der NSU-Wankel-Motor wie der Zweitaktmotor je Umdrehung der Exzenterwelle (Kurbelwelle) einen Arbeitstakt hat, wird also der mittlere Arbeitsdruck wie beim Zweitaktmotor errechnet. Ferner gilt für alle Motoren

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{0,63} \cdot \frac{n}{716,20}$$

bzw.

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{1,26} \cdot \frac{n}{816,20}$$

für Viertaktmotoren.

Als Beispiel soll ein normaler Fahrzeugmotor mit 125 cm³ Volumen dienen.

Zweitakter

Weist ein guter 125-cm³-Motor einen maximalen Mitteldruck von 6 kp/cm² auf, so hat er bei $n = 5000$ U/min

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{0,63} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{6 \cdot 0,125}{0,63} \cdot \frac{5000}{716,20} = 8,32 \text{ PS.}$$

Viertakter

Berechnet man in gleicher Weise einen Viertaktmotor, so erhält man

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{1,26} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{6 \cdot 0,125}{1,26} \cdot \frac{5000}{716,20} = 4,16 \text{ PS.}$$

Der Viertaktmotor ist scheinbar nach dieser Rechnung in der Hubraumbestimmung benachteiligt. Diesen Nachteil, weil er nur jede zweite Umdrehung einen Arbeitstakt abgibt, kompensiert er durch einen höheren Mitteldruck und durch etwas höhere Drehzahlen, so etwa z. B. mit $p_e = 10$ kp/cm² und $n = 6000$ U/min,

Es ergibt sich also

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{1,26} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{10 \cdot 0,125}{1,26} \cdot \frac{6000}{716,20} = 8,32 \text{ PS.}$$

NSU-Wankel-Motor

Dieser Motor hat einen ähnlich hohen Mitteldruck wie ein Viertaktmotor, aber den Vorteil, obendrein noch je Umdrehung der Exzenterwelle (Kurbelwelle) einen Arbeitstakt abzugeben. Wenn man Kurbelwellendrehzahl = Exzenterwellendrehzahl setzt, erhält man also die doppelte Leistung:

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{0,63} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{10 \cdot 0,125}{0,63} \cdot \frac{6000}{716,20} = 16,64 \text{ PS.}$$

Dabei wäre, wenn man nur eine Kammer, also 125 cm³ als Hubraum zugrunde legen würde, der NSU-Wankel-Motor gegenüber dem normalen Hubkolbenmotor zu sehr im Vorteil. Rechnet man aber drei Kammern als Gesamthubraum, also 125 cm³, dann hat der 125-cm³-

KK-Motor ein Kammervolumen von nur $\frac{125}{3}$ cm³; so erhält man

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{0,63} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{10 \cdot 0,125/3}{0,63} \cdot \frac{6000}{716,20} = 5,53 \text{ PS.}$$

Somit ist dieser Motor offensichtlich in der Einstufung benachteiligt.

Man könnte nun in dieser Version die beiden Faktoren p_e und n beeinflussen, d. h. durch Erhöhung des mittleren Arbeitsdruckes oder der Drehzahlen. Der mittlere Arbeitsdruck wird nun bei normalen Fahrzeug-Kreiskolbenmotoren nicht wesentlich über 10 kp/cm², also nur wie beim Viertaktmotor gesteigert werden können. Die Drehzahlen wird man aus Gründen des Verschleißes und der Lebensdauer nicht zu weit erhöhen.

Beim normalen Hubkolbenmotor gibt man sehr oft die mittlere Kolbengeschwindigkeit an; sie liegt z. B. beim

DKW 900 (F 12) bei $n_{\max} = 4300$ U/min bei 9,75 m/s, beim

BMW 1500 bei $n_{\max} = 5700$ U/min bei 13,5 m/s.

Bei Motoren für Gebrauchsfahrzeuge wird man die Kolbengeschwindigkeit von 14 m/s nicht wesentlich überschreiten.

Beim NSU-Wankel-Motor erhält man bei Exzenterwellendrehzahl n_E

bei 6000 U/min für die Eckleisten, die den Kolbenringen beim Hubkolbenmotor gleichzusetzen sind,

$$V_{\max} = \pi \cdot \frac{n_E}{30} \cdot \left(E + \frac{R}{3} \right) = \pi \cdot \frac{6000}{30} \cdot \left(10 + \frac{69}{3} \right) = 20,7 \text{ m/s.}$$

$$V_{\min} = \pi \cdot \frac{n_E}{30} \cdot \left(\frac{R}{3} - E \right) = \pi \cdot \frac{6000}{30} \cdot \left(\frac{69}{3} - 10 \right) = 8,15 \text{ m/s.}$$

Angenähert kann man rechnen:

$$V_{\text{mittel}} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} = \frac{20,7 + 8,15}{2} = 14,425 \text{ m/s.}$$

Dabei sind

n_E Exzenterwellendrehzahl,

E Exzentrizität,

R Abstand der Läuferdichtelemente vom Schwerpunkt.

Die eingesetzten Werte entsprechen etwa denjenigen eines NSU-Wankel-Motors mit 125 cm³ Kammervolumen. Man erkennt also, daß man aus Gründen des Verschleißes die Drehzahl der Exzenterwelle nicht wesentlich über 6000 U/min legen wird. Außerdem würde die Elastizität des Motors darunter leiden.

Würde man als Gesamthubraum drei Kammervolumen rechnen, dann müßte die Exzenterwelle, um die gleiche Motorleistung zu erhalten,

bei $\frac{125}{3}$ cm³ Kammervolumen 9000 U/min drehen; das sind zu hohe

Drehzahlen für Gebrauchsmotoren.

Der Läufer dreht zwar nur ein Drittel, d. h. 3000 U/min, es ergeben sich aber dadurch schon sehr hohe Bahngeschwindigkeiten der Leisten an der Trochoide. Rechnet man also für den NSU-Kreiskolbenmotor zwei Kammern als Gesamtvolumen zur Einstufung, so erhält man

$$N = \frac{p_e \cdot V_h}{1,26} \cdot \frac{n}{716,20} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 0,125}{1,26} \cdot \frac{6000}{716,20} = 16,64 \text{ PS.}$$

Somit entspricht ein Kreiskolbenmotor mit 125 cm³ Kammervolumen ungefähr einem 250-cm³-Hubkolbenmotor.

Die bisher veröffentlichten Leistungswerte der NSU-Wankel-Motoren bestätigen diese Rechnung:

Kammervolumen 150 cm³ mit 21,0 PS (300 cm³ HKM)

400 cm³ mit 43,0 PS (800 cm³ HKM).

Für NSU-Wankel-Motoren, die als Fahrzeugmotoren verwendet werden, sind also am naheliegensten als Besteuerungsgrundlage zwei Kammern zugrunde zu legen. Eine ähnliche Festlegung wurde von der FIM für Hubraumklassifizierung bei sportlichen Wettbewerben getroffen.

Bei den angeführten Überlegungen wurde bewußt auf Spezialmotoren, z. B. Rennmotoren, verzichtet. Hier zählen wieder ganz andere Gesichtspunkte; es wird weniger Wert auf Drehmoment im unteren Drehzahlbereich, Verschleiß und Kraftstoffverbrauch gelegt, sondern hauptsächlich auf eine hohe Spitzenleistung. Für so hohe Motorleistungen bei hohen Drehzahlen ist der Wankelmotor auch gut geeignet, weil die Gasdrosselung, die beim Viertaktmotor durch die Ventile und beim Zweitaktmotor durch die Spülkanäle mit steigender Drehzahl zunimmt, beim Wankelmotor nahezu entfällt.

Sollte man in Westdeutschland das gesamte Hubvolumen, also drei Kammern, zugrunde legen, würde man den KK-Motor mit seinen bereits heute anerkannten Vorteilen gegenüber dem Hubkolbenmotor ungerechtfertigt benachteiligen und den Fortschritt in der Technik hemmen. Das Problem ist um so brennender, als schon zur IAA in Frankfurt ein Sportwagen von NSU mit Kreiskolbenmotor gezeigt werden soll.

KfA 6660

Literatur

- [1] Huf, F.: Der NSU-Wankel-Motor und die Steuer. Die Maschine (1961) Heft 1.
- [2] Erhard, K./Krawczyk, L.: Hubvolumen des Wankel-Motors. Kraftfahrzeugtechnik (1962) Heft 5, S. 217 bis 218.
- [3] Siepmann, W.: Der Begriff Gesamthubraum bei Drehkolbenmotoren. Kraftfahrzeugtechnik (1962) Heft 9, S. 365 bis 367.
- [4] Rauch, S.: In welche Hubraumklasse gehört ein Wankel-Motor? Motorrad (1962) Heft 13.
- [5] Träger, W.: Der Kreiskolbenmotor einmal anders betrachtet. Kraftfahrzeugtechnik (1963) Heft 5, S. 168 bis 170.