

11.1 Hubraum

Der Hubraum eines Zylinders (V_h) ist der Raum zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und dem unteren Totpunkt (UT).

Der Gesamthubraum (V_H) eines Motors ist die Summe der Hubräume der einzelnen Zylinder eines Motors.

$$V_h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s$$

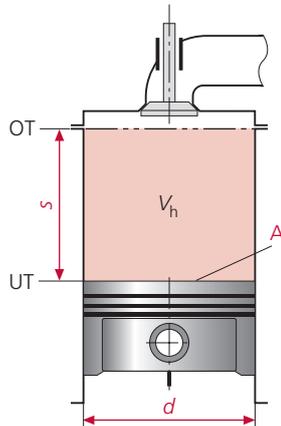
$$V_h = A \cdot s$$

$$V_H = V_h \cdot z$$

$$V_H = A \cdot s \cdot z$$

$$V_h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s \cdot z$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot s \cdot z}} \quad s = \frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot d^2 \cdot z}$$

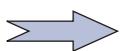


- V_h Hubraum eines Zylinders in cm^3
- V_H Gesamthubraum des Motors in cm^3
- d Zylinderbohrung, -durchmesser in cm
- s Kolbenhub in cm
- A Kolbenfläche, Zylinderquerschnitt in cm^2
- z Zylinderzahl
- α Hub-Bohrungsverhältnis

Hub-Bohrungsverhältnis

Das Verhältnis von «Kolbenhub zu Zylinderbohrung» nennt man Hub-Bohrungsverhältnis α .

$$\alpha = \frac{s}{d} \quad s = \alpha \cdot d \quad d = \frac{s}{\alpha}$$



- $s > d$ Langhuber
- $s = d$ Quadratischer Motor
- $s < d$ Kurzhuber

Aufgaben

1. Ein 6-Zylinder-Motor weist einen Gesamthubraum von 2360 cm^3 auf. Der Bohrungsdurchmesser beträgt 80 mm. Welchen Hub in mm muss der Motor besitzen?
2. Ein 2-Zylinder-Motor hat einen Gesamthubraum von $0,78 \text{ dm}^3$. Welchen Durchmesser in mm weist die Bohrung auf, wenn der Hub 86 mm beträgt?
3. Welchen Gesamthubraum in cm^3 ergibt sich bei einem 4-Zylinder-Boxermotor aus einer Bohrung von 92 mm und einem Hub von 67 mm?
4. Drei Motoren haben folgende Abmessungen:
 - a) 2-Zylinder $A = 44,17 \text{ cm}^2$, $s = 75 \text{ mm}$,
 - b) 4-Zylinder $A = 56,74 \text{ cm}^2$, $s = 77 \text{ mm}$,
 - c) 8-Zylinder $A = 103,86 \text{ cm}^2$, $s = 140 \text{ mm}$,
 Berechnen Sie jeweils den Gesamthubraum und die Hub-Bohrungsverhältnisse der Motoren!
5. Ein 3-Zylinder-Motor mit 69,6 mm Hub und 78 mm Bohrung wird bei einer Revision auf 78,5 mm ausgebohrt. Berechnen Sie die Vergrößerung des Motorhubraums in cm^3 !
6. Wie viele Zylinder besitzt ein Motor bei folgenden Daten?
Gesamthubraum 665 cm^3 , Hub 69,6 mm, Bohrung 78 mm.
7. Bei einem 4-Zylinder-Motor beträgt der Gesamthubraum 1587 cm^3 und der Zylinderdurchmesser misst 84 mm. Berechnen Sie
 - a) den Hub in mm,
 - b) das Hubverhältnis!
8. An einem Motor mit $d = 79 \text{ mm}$ und $s = 66 \text{ mm}$ wird die Bohrung beim Ausschleifen um 1 mm grösser. Berechnen Sie
 - a) die Vergrößerung des Zylinderhubraumes in cm^3 und Liter,
 - b) die Vergrößerung des Zylinderhubraumes in Prozent!
9. Laut Werkstattunterlagen besitzt ein amerikanischer V8-Motor eine Bohrung von 4,11 " und einen Hub von 3,5 ". Berechnen Sie
 - a) den Zylinderhubraum in cu in und cm^3 ,
 - b) den Gesamthubraum in cu in und cm^3 !
10. Bei einem 8-Zylinder-V-Motor beträgt der Kolbenhub 138 mm und das Hub-Bohrungsverhältnis wird mit 1,09 angegeben. Berechnen Sie den Zylinderhubraum und den Gesamthubraum in cm^3 und l!
11. Bei einem 6-Zylinder-Motor werden die Zylinder von 80,5 mm auf 82 mm aufgebohrt. Der Hubraum des Originalmotors betrug 2920 cm^3 . Berechnen Sie
 - a) das Hub-Bohrungsverhältnis vor und nach der Änderung,
 - b) die Vergrößerung des Gesamthubraums in Prozent!

11.2 Verdichtungsverhältnis

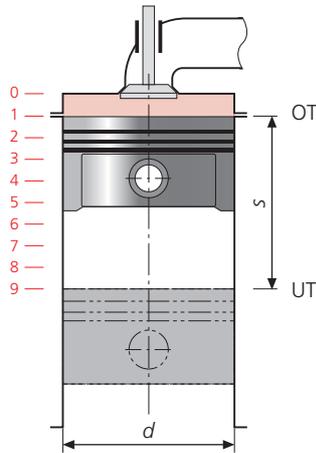
Das Verdichtungsverhältnis ϵ (Epsilon) ist das Verhältnis des gesamten Verbrennungsraumes eines Zylinders zum Verdichtungsraum (Kompressionsraum).

$$\epsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$$\epsilon = \frac{V_h}{V_c} + 1$$

$$V_h = V_c \cdot (\epsilon - 1)$$

$$V_c = \frac{V_h}{(\epsilon - 1)}$$



- ϵ Verdichtungsverhältnis
- V_h Hubraum eines Zylinders in cm^3
- V_c Verdichtungsraum (Kompressionsraum) eines Zylinders in cm^3

Aufgaben

1. Von drei Motoren sind bekannt:
 - a) 2-Zylinder: $V_H = 608 \text{ cm}^3$ $V_c = 52 \text{ cm}^3$
 - b) 3-Zylinder: $V_H = 997 \text{ cm}^3$ $V_c = 53,8 \text{ cm}^3$
 - c) 6-Zylinder: $V_H = 2480 \text{ cm}^3$ $V_c = 42 \text{ cm}^3$
 Berechnen Sie die jeweiligen Verdichtungsverhältnisse ϵ der Motoren!
2. Der Gesamthubraum eines 4-Zylinder-Motors beträgt 1597 cm^3 und die Bohrung 78 mm . Das Verdichtungsverhältnis ist $9,4 : 1$.
 - a) Wie gross ist der Hub in mm ?
 - b) Welcher Verdichtungsraum in cm^3 ergibt sich?
3. Durch Verbrennungsrückstände wird der Kompressionsraum eines Zylinder von $37,8 \text{ cm}^3$ um $1,80 \text{ cm}^3$ verringert.
 - a) Welches Verdichtungsverhältnis ergibt sich bei einem 5-Zylinder-Motor mit einem Gesamthubraum von $1,98 \text{ dm}^3$ bei sauberem Zylinderraum?
 - b) Wie viel Prozent ändert das Verdichtungsverhältnis des verschmutzten Zylinders?
4. Das Verdichtungsverhältnis eines 4-Zylinder-Motors sei $9,5 : 1$. Die Bohrung ist 83 mm und der Hub beträgt 85 mm .
 - a) Wie gross ist der Einzelhubraum in cm^3 ?
 - b) Wie gross ist der Gesamthubraum in Liter?
 - c) Wie gross ist der Verdichtungsraum in cm^3 ?
5. Der Gesamtverbrennungsraum eines Zylinders beträgt $0,055 \text{ dm}^3$ und der Verdichtungsraum hat ein Volumen von 5 cm^3 . Berechnen Sie
 - a) den Hubraum in Liter,
 - b) das Verdichtungsverhältnis!
6. Der Hubraum V_h eines 4-Zylinder-Dieselmotors beträgt $0,47425$ Liter und der Verdichtungsraum $23,7 \text{ cm}^3$ sowie der Zylinderdurchmesser 93 mm . Das Verdichtungsverhältnis soll um 10 Prozent erhöht werden. Berechnen Sie, um wie viele mm sich die Dicke der Zylinderkopfdichtung ändern muss!
7. Ein Motor mit einer Kolbenfläche von $52,81 \text{ cm}^2$, einem Verdichtungsverhältnis ϵ von $8,2 : 1$ und einer Zylinderzahl $z = 6$ hat einen Verdichtungsraum V_c von $54,5 \text{ cm}^3$. Wie gross sind
 - a) der Kolbenhub in mm ?
 - b) der Motorhubraum in cm^3 ?
8. Ein aufgeladener 4-Zylinder-Benzinmotor hat ein Hubvolumen V_H von 1422 cm^3 und einen Verdichtungsraum V_c von 58 cm^3 . Wie gross ist das Verdichtungsverhältnis?
9. Das Kompressionsverhältnis eines Turbomotors mit einem Hub von 72 mm und $\alpha = 1,05$ soll von $6,8 : 1$ auf $7,4 : 1$ erhöht werden. Wie viele mm müssen am Zylinderkopf abgeschliffen werden?
10. Ein Ottomotor mit einem Zylinderdurchmesser von 80 mm und einem Hub von 68 mm besitzt ein Verdichtungsverhältnis von $10,0 : 1$. Welches Verdichtungsverhältnis entsteht, wenn eine um $0,5 \text{ mm}$ dünnere Zylinderkopfdichtung montiert wird?
11. In einem quadratischen Motor mit einem Hub von 80 mm und einem Kompressionsverhältnis von $9,5 : 1$ werden versehentlich Kolben mit einer um 2 mm geringeren Kompressionshöhe eingebaut. Wie gross ist das neue Verdichtungsverhältnis?
12. Der Zylinderhubraum V_h eines V-10-Zylinder-Dieselmotors beträgt $1826,3 \text{ cm}^3$, der Zylinderdurchmesser d ist 128 mm und das Verdichtungsverhältnis ϵ beträgt $16,0 : 1$. Berechnen Sie
 - a) den Kolbenhub s in mm ,
 - b) den Gesamthubraum V_H in cm^3 und l ,
 - c) den Verdichtungsraum V_c !

11.3 Mittlere Kolbengeschwindigkeit

Beim Hubkolbenmotor legt der Kolben während einer Kurbelwellenumdrehung zweimal den Hub zurück. Dabei wird der Kolben aus dem Stillstand (Totpunkt) auf eine maximale Geschwindigkeit beschleunigt und anschliessend im zweiten Umkehrpunkt wieder bis zum Stillstand abgebremst. Man rechnet deshalb mit der mittleren (durchschnittlichen) Kolbengeschwindigkeit. Die höchste Geschwindigkeit erreicht der Kolben, wenn die Pleuelstange und der Kurbelzapfen ungefähr einen rechten Winkel bilden.

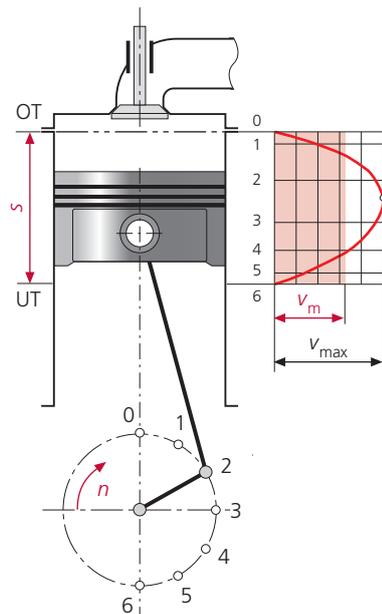
$$v_m = \frac{2 \cdot s \cdot n}{60}$$

$$v_m = \frac{s \cdot n}{30}$$

$$s = \frac{30 \cdot v_m}{n}$$

$$n = \frac{30 \cdot v_m}{s}$$

$$v_{max} \approx 1,6 \cdot v_m$$



- n Motordrehzahl in 1/min
- s Kolbenhub in m
- v_m mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s
- v_{max} maximale Kolbengeschwindigkeit in m/s

Aufgaben

1. Berechnen Sie die fehlenden Werte:

	v_m	s	n
a)	12,8 m/s	75 mm	? 1/min
b)	10,0 m/s	? mm	4700 1/min
c)	11,2 m/s	84 mm	? 1/min
d)	? m/s	48 mm	8090 1/min
e)	? m/s	56 mm	5800 1/min
2. Von drei Motoren sind folgende technischen Daten bekannt:
 - a) Drehzahl = 3800 1/min, Hub = 82 mm.
 - b) Drehzahl = 4420 1/min, Bohrung = 58 mm, Hubverhältnis = 0,75.
 - c) Drehzahl = 5100 1/min, Kurbelradius = 35 mm
 Berechnen Sie die mittleren Kolbengeschwindigkeiten der drei Motoren in m/s!
3. Ein Benzinmotor hat eine maximale Drehzahl von 9100 1/min. Berechnen Sie den Hub in mm bei einer mittleren Kolbengeschwindigkeit von 13,5 m/s!
4. Ein Motor hat einen Hub von 68 mm und eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von 11,5 m/s. Berechnen Sie die Motordrehzahl in 1/min!
5. Welchen Hub in mm muss ein Motor besitzen, wenn bei einer Drehzahl von 4800 1/min die mittlere Kolbengeschwindigkeit 9,8 m/s betragen soll?
6. Ein 6-Zylinder-Motor mit einem Gesamthubraum von 2000 cm³ hat eine Bohrung von 75 mm. Der Motor wird auf 6900 1/min beschleunigt. Wie hoch ist bei dieser Drehzahl die mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s?
7. Eine Nockenwelle eines 5-Zylinder-4-Takt-Motors dreht sich 90 700 Mal in einer Stunde. Welchen Kurbelradius weist der Motor auf, wenn die mittl. Kolbengeschwindigkeit 8,2 m/s beträgt?
8. Ein Ottomotor mit einem Verdichtungsraum von 55 cm³ hat eine Bohrung von 77 mm und ein Verdichtungsverhältnis $\epsilon = 9,2:1$. Berechnen Sie die Motordrehzahl in 1/min, bei einer mittl. Kolbengeschwindigkeit von 12 m/s!
9. Von einem Kleinmotorrad sind bekannt: Die Kolbenfläche A ist 1590 mm² und der Hubraum V_H 83 cm³. Berechnen Sie die mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s bei 5250 1/min!
10. Das Hubverhältnis eines Motors ist 1,1 : 1 und die Bohrung beträgt 0,052 m. Welche Drehzahl in 1/min ergibt sich bei einer mittleren Kolbengeschwindigkeit von 14 m/s?
11. Welchen Hub weist ein Benzinmotor auf, wenn die Verteilervelle eine Drehzahl von 3100 1/min aufweist und die mittlere Kolbengeschwindigkeit 9,8 m/s ist?
12. Von einem 4-Zylinder-Motor sind bekannt: Zylinderdurchmesser 98 mm, mittlere Kolbengeschwindigkeit 11 m/s, Motordrehzahl 5000 1/min, Verdichtungsverhältnis 10,5 : 1. Berechnen Sie
 - a) den Kolbenhub,
 - b) das Hubverhältnis,
 - c) den Gesamthubraum,
 - d) den Verdichtungsraum!