

Aufgabe

Um eine Vorstellung zu bekommen, wie schnell die Vorgänge in einem Verbrennungsmotor ablaufen, sollen Sie abschätzen, um wie viele Grad sich die Kurbelwelle dreht vom Moment der Zündung bis das ganze Gemisch entflammt ist.

Mögliche Vorgehensweise

- 1) Die Geschwindigkeit, mit der sich eine Flamme in einem Kraftstoff-Luft-Gemisch ausbreitet, entnehmen Sie dem Tabellenbuch. Wählen Sie einen Durchschnittswert.

Flammenausbreitungsgeschwindigkeit
 $v = \dots\dots\dots$

- 2) Den ungefähren Zylinderdurchmesser eines Pkw-Motors berechnen Sie aus typischen Daten: Der Hubraum eines Zylinders beträgt ca. 0,4 l. Hub und Durchmesser des Zylinders sind etwa gleich groß.

Zylinderdurchmesser $d = \dots\dots\dots$

- 3) Aus den vorherigen Daten können Sie berechnen, wie lange die Flamme von der Zündkerze bis zur Zylinderwand benötigt.

Dauer der Flammenausbreitung $t = \dots\dots\dots$

- 4) Wählen Sie eine typische Motordrehzahl, mit der leicht zu rechnen ist.

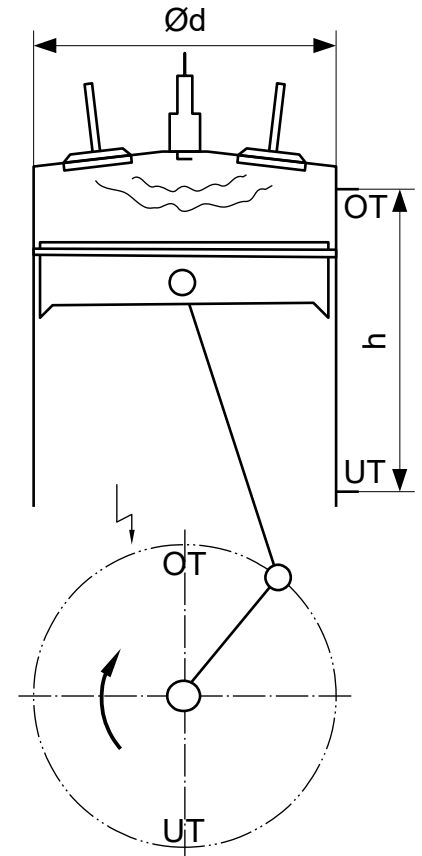
Motordrehzahl $n = 3000 \text{ min}^{-1}$

- 5) Den Rest kann man per Dreisatz berechnen:
In 1 Minute dreht sich die Kurbelwelle 3000 mal -
Wie viele Umdrehungen macht die Kurbelwelle in der Zeit t ?

Die Kurbelwelle dreht sich während der Flammausbreitung um ca. $\dots\dots\dots^\circ$

- 6) Markieren Sie die Phase der Flammausbreitung auf dem Kurbelkreis im Bild oben.

- 7) Um wie viele Grad dreht sich die Kurbelwelle bei 6000 min^{-1} ?
Wie wird dies ausgeglichen?



Lösungsvorschlag

1) Die Flammausbreitungsgeschwindigkeit beträgt laut Tabellenbuch 10..30 m/s.
Für die Berechnung wähle ich die einfache Zahl $v = 20$ m/s.

2) Die Formel für das Volumen V_h eines Zylinder lautet:

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

Mit $d = h$ (Durchmesser = Hub) gilt:

$$V_h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot d = \frac{\pi \cdot d^3}{4}$$

Gesucht ist der Durchmesser d , also wird umgeformt, eingesetzt und ausgerechnet:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,41}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,4 \text{ dm}^3}{\pi}} = 0,80 \text{ dm} = 8 \text{ cm} = 80 \text{ mm}$$

Der Zylinderdurchmesser eines typischen Pkw-Motors beträgt ca. $d = 80$ mm.

3) $\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} \Rightarrow \text{Zeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Geschwindigkeit}}$ oder $t = \frac{s}{v}$

Der Weg s der Flamme ist in diesem Fall der halbe Zylinderdurchmesser d :

$$t = \frac{s}{v} = \frac{\frac{d}{2}}{v} = \frac{\frac{80 \text{ mm}}{2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{40 \text{ mm}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{40 \text{ mm}}{20 \text{ m}} \cdot \text{s} = \frac{40 \text{ mm}}{20000 \text{ mm}} \text{ s} = 0,002 \text{ s}$$

Die Flamme benötigt also 2 tausendstel Sekunden von der Zündkerze bis zur Zylinderwand. Das scheint nicht viel zu sein, aber die Kurbelwelle ist schnell.

4) Motordrehzahl $n = 3000 \text{ min}^{-1}$

5)

1 Minute \Leftrightarrow 3000 Umdrehungen

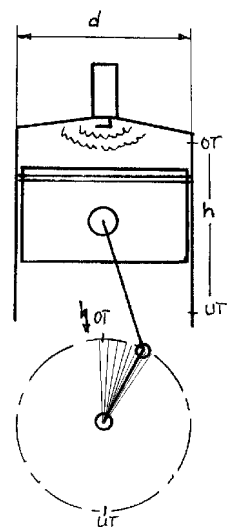
$\frac{1}{60}$ Minute \Leftrightarrow $\frac{3000}{60}$ Umdrehungen

1 s \Leftrightarrow 50 Umdrehungen

0,001 s \Leftrightarrow $\frac{50}{1000} = 0,05$ Umdrehungen

0,002 s \Leftrightarrow $0,05 \cdot 2 = 0,1$ Umdrehungen

In 0,002 s macht die Kurbelwelle eine Zehntel Umdrehung. Den zugehörigen Kurbelwinkel könnten wir auch per Dreisatz berechnen, aber das ist wohl nicht nötig. Da eine Umdrehung 360° sind, entsprechen 0,1 Umdrehungen 36° Kurbelwinkel.



6) siehe rechts

7) Bei einer Drehzahl von 6000 pro Minute dreht sich die Kurbelwelle in dieser Zeit schon um 72° . Um dies teilweise auszugleichen, muss bei höheren Drehzahlen der Zündzeitpunkt verlegt werden.