

Luftbedarf von U-Boot-Dieselmotoren

In Erzählungen über die U-Boot-Aktionen im 2. Weltkrieg finden sich Schilderungen, dass die laufenden Dieselmotoren eines aufgetauchten U-Bootes eine starke Luftströmung durch die geöffnete Luke erzeugten (siehe z.B. [1]). Es drängt sich die Frage auf, wie gross der Luftbedarf dieser Dieselmotoren ist.

Viele der amerikanischen U-Boote hatten *Fairbanks-Morse*-Dieselmotoren. Der F-M 38D 1/8 Motor ist ein Zweitaktmotor mit 9 oder 10 Zylindern, der bei 720 Umdrehungen pro Minute 1600 bhp leistet. Die Zylinder haben eine Bohrung von 8 1/8 Zoll und der Kolbenhub beträgt 10 Zoll [2].

„bhp“ steht für „brake horsepower“. 1 bhp = 745.7 W

Angesaugtes Luftvolumen

Das angesaugte Luftvolumen pro Zeiteinheit ist gegeben durch

$$\dot{V} = k \frac{n}{60} z \frac{\pi d^2}{4} h, \quad (1)$$

wobei

k = Zahl der Dieselmotoren

n = Anzahl Umdrehungen pro Minute

z = Zahl der Zylinder

d = Zylinderdurchmesser

h = Kolbenhub .

Mit $k = 4$, $n = 720$, $z = 10$, $d = 8.125$ Zoll = 0.2064 m, $h = 10$ Zoll = 0.254 m ergibt sich

$$\boxed{\dot{V} = 4.08 \text{ m}^3\text{s}^{-1}.} \quad (2)$$

Luftbedarf für die Verbrennung des Dieselöls

Der Heizwert von Dieselöl beträgt 43 MJ/kg [3]. Zur Verbrennung von 1 kg Dieselöl braucht es 16.25 kg Luft [4], d.h. die bei der Verbrennung benötigte Luftmasse m_L ist 16.25 mal grösser als die Masse des verbrauchten Dieselöls:

$$m_L = 16.25 \cdot m. \quad (3)$$

Mit der Luftdichte ρ_L ergibt sich für das Luftvolumen:

$$V = \frac{m_L}{\rho_L}. \quad (4)$$

Für die von einem Dieselmotor gelieferte mechanische Leistung P gilt die Beziehung

$$P = \eta \dot{m} H, \quad (5)$$

wobei

η = Wirkungsgrad

\dot{m} = Dieselölverbrauch pro Zeiteinheit

H = Heizwert des Dieselmotorkraftstoffs .

Damit wird der Kraftstoffverbrauch pro Zeiteinheit:

$$\dot{m} = \frac{P}{\eta H}. \quad (6)$$

Mit (3) und (4) ergibt sich daraus schliesslich der Luftverbrauch:

$$\dot{V} = 16.25 \cdot \frac{P}{\eta \rho_L H}. \quad (7)$$

Wenn die Luftdichte $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$ beträgt, und für die Dieselmotoren ein Wirkungsgrad von $\eta = 35 \%$ angenommen wird, ergibt sich für den Luftbedarf von 4 Motoren mit je 1600 bhp:

$$\dot{V} = \frac{16.25 \cdot 4 \cdot 1600 \cdot 745.7}{0.35 \cdot 1.29 \cdot 43 \cdot 10^6} = 4.00. \quad (8)$$

Also ergibt sich

$$\boxed{\dot{V} = 4.00 \text{ m}^3\text{s}^{-1}} \quad (9)$$

in guter Übereinstimmung mit dem Resultat (2).

Luftströmung durch Luke

Wenn der Luftstrom \dot{V} durch eine Luke mit dem Durchmesser D fliesst, ist die Windgeschwindigkeit:

$$v = \frac{4\dot{V}}{\pi D^2}. \quad (10)$$

Für eine Luke mit einem Durchmesser $D = 60 \text{ cm}$ ergibt sich eine Windgeschwindigkeit

$$\boxed{v = 14.2 \text{ m/s} = 51 \text{ km/h}.} \quad (11)$$

Wenn ein Mann durch die Luke klettert und dabei ungefähr den halben Querschnitt versperrt, wird die Windgeschwindigkeit sogar etwa doppelt so gross.

Literatur

- [1] Richard H. O’Kane, „Clear the Bridge!“, Ballantine Books, New York 2003. p.61: „Opening the forward torpedo room hatch and the doors to the engine room brought a true gale through the ship to feed those diesels.“
- [2] The Fleet Type Submarine Online
<https://maritime.org/doc/fleetsub/diesel/chap3.htm#3A>
- [3] Wikipedia, Dieselkraftstoff
<https://de.wikipedia.org/wiki/Dieselmotoren>
- [4] Wikipedia, Verbrennungsluftverhältnis
<https://de.wikipedia.org/wiki/Verbrennungsluftverhältnis>