

Übung 1 zur Vorlesung Schiffsdieselmotoren

Wiederholung Grundlagen

UNIVERSITÄT ROSTOCK
Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Kolbenmaschinen/Verbrennungsmotoren

Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz

Dipl.-Ing. Marko Püschel

- Inhalt:**
- Organisatorisches
 - Fragen zur Vorlesung
 - Überblick über vorauszusetzende Grundlagen
 - Aufgabe 1 – Größenordnungen

Übung: Montags 13:15 bis 14:45 in R I/07

Infos und Download:

<http://www.lkv.uni-rostock.de/>

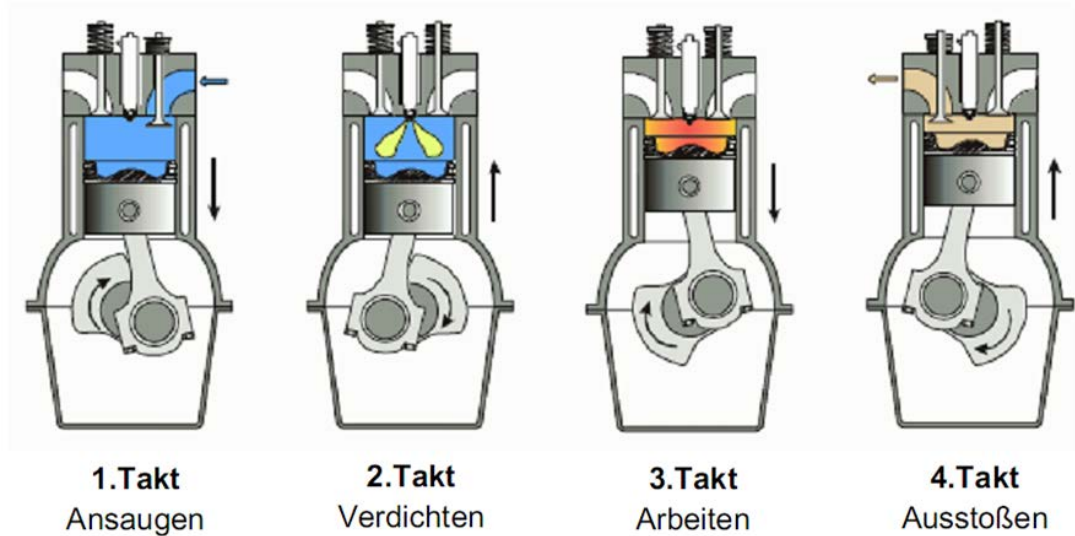
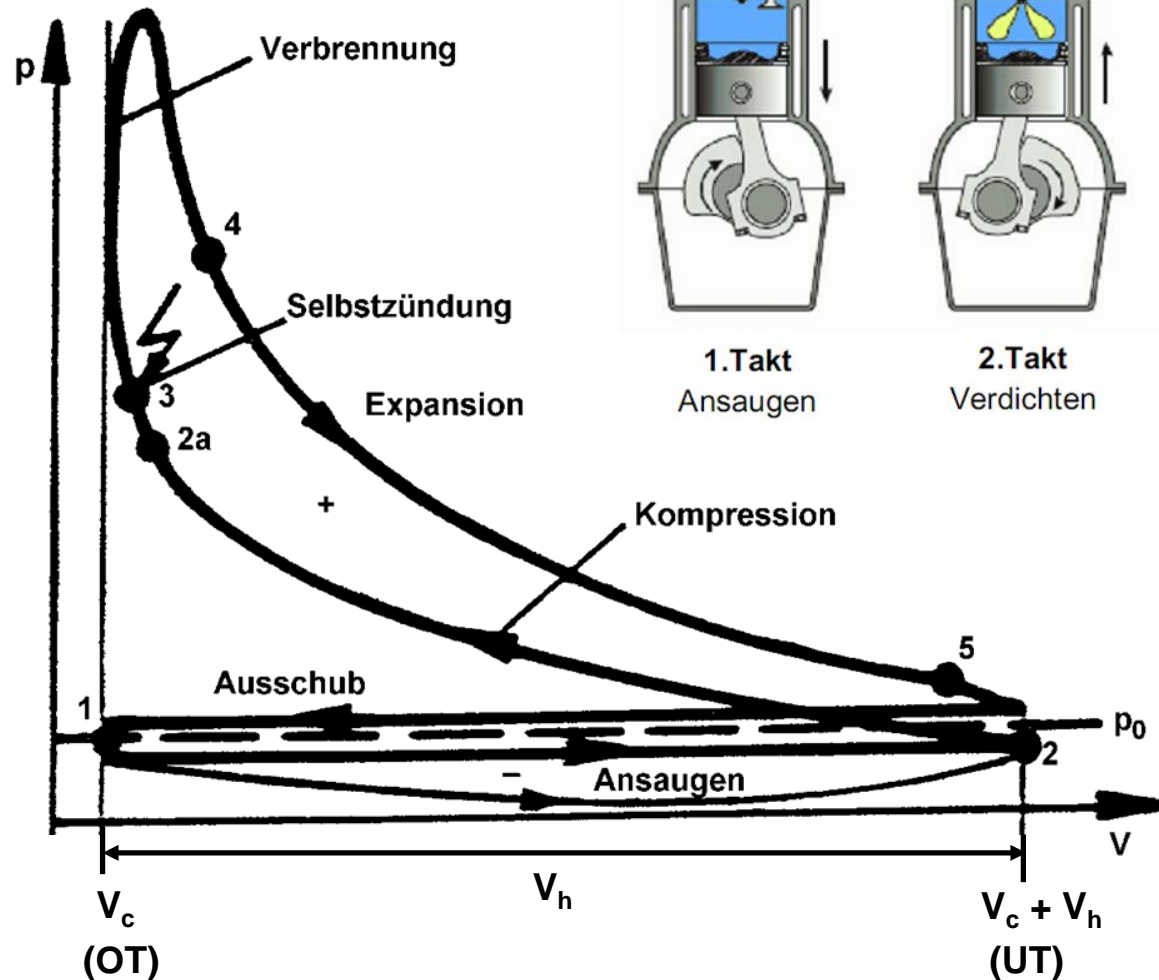
Anmeldung:

mit Uni-Zugangsdaten, kein weiteres Passwort erforderlich

Kontakt: marko.pueschel@uni-rostock.de

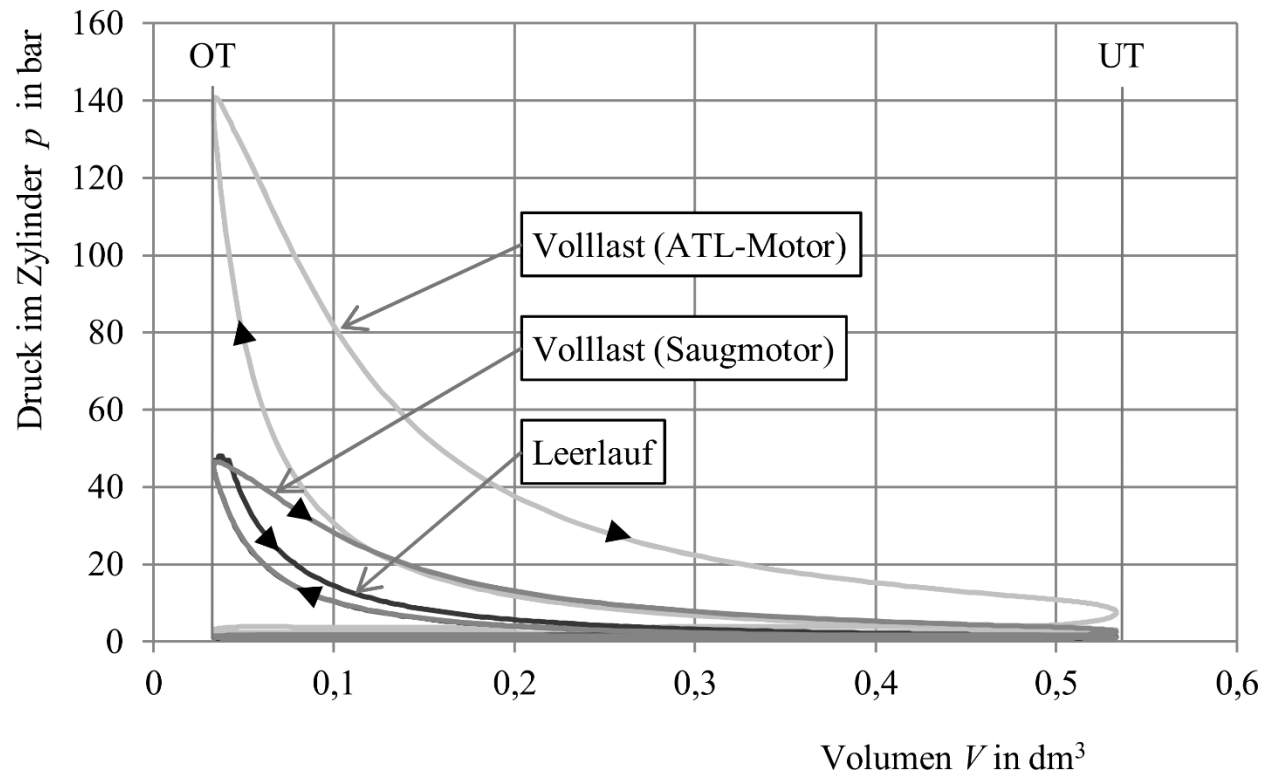
0381-498 9410 oder R I/16

Viertakt-Verfahren



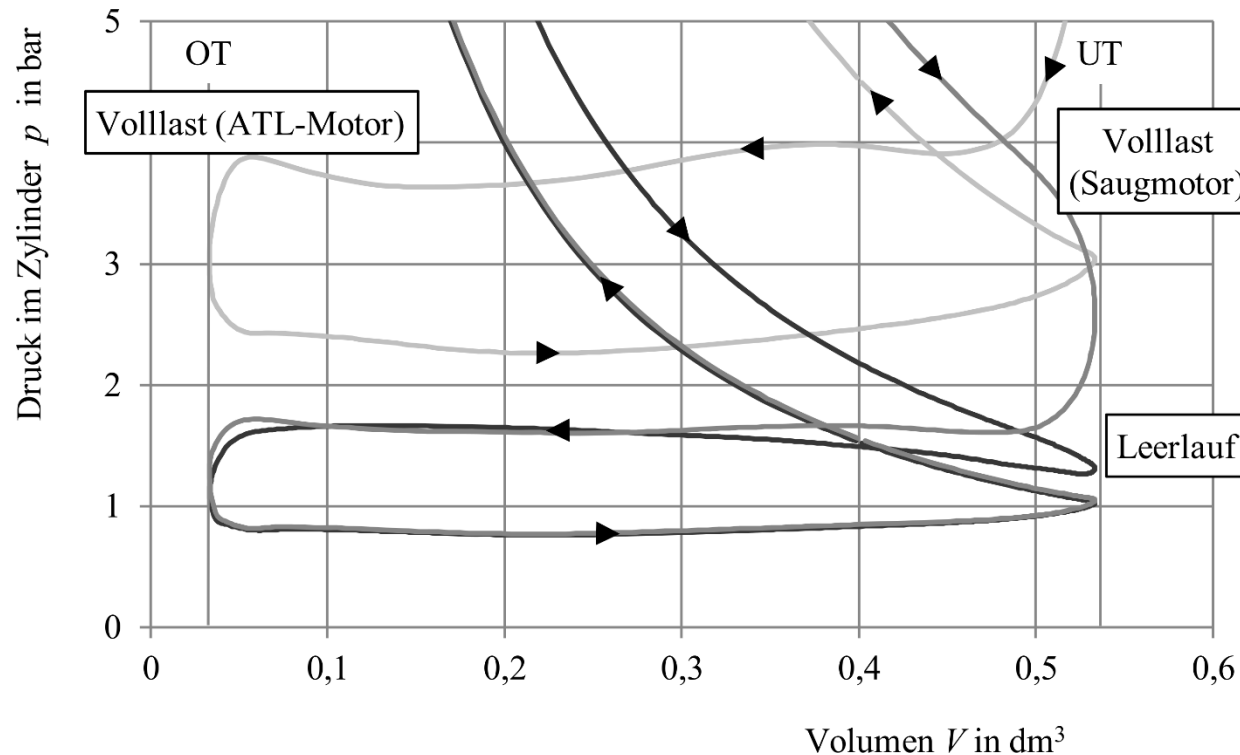
$$W_i = \oint_S p_Z \cdot dV_Z$$

p-V-Diagramm eines Viertakt-Dieselmotors (ohne und mit Aufladung) bei Volllast und Leerlauf



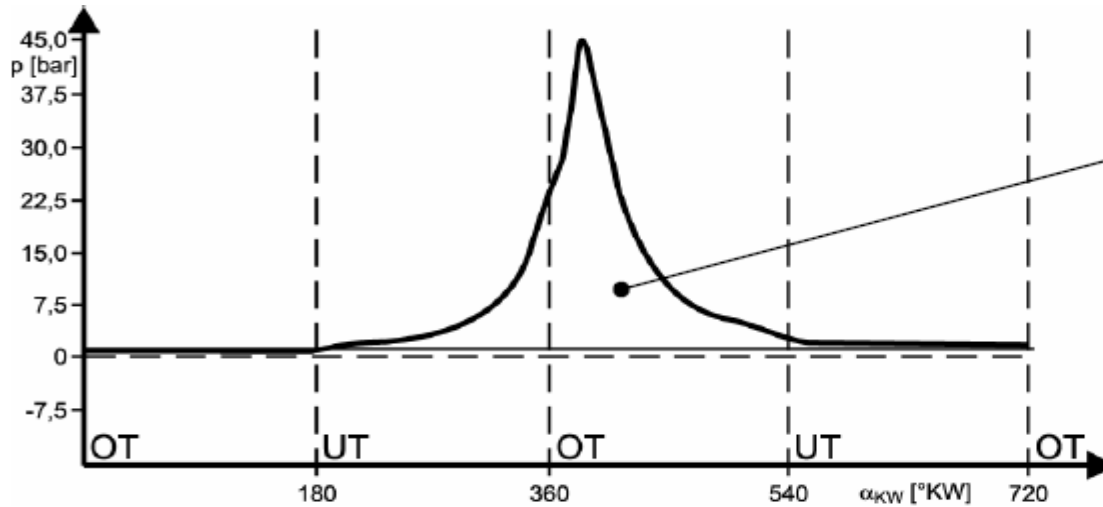
Quelle: K. Schreiner, Basiswissen Verbrennungsmotor, 2011

Ladungswechselschleifen: p-V-Diagramm eines Viertakt-Dieselmotors (ohne und mit Aufladung) bei Volllast und Leerlauf



Quelle: K. Schreiner, Basiswissen Verbrennungsmotor, 2011

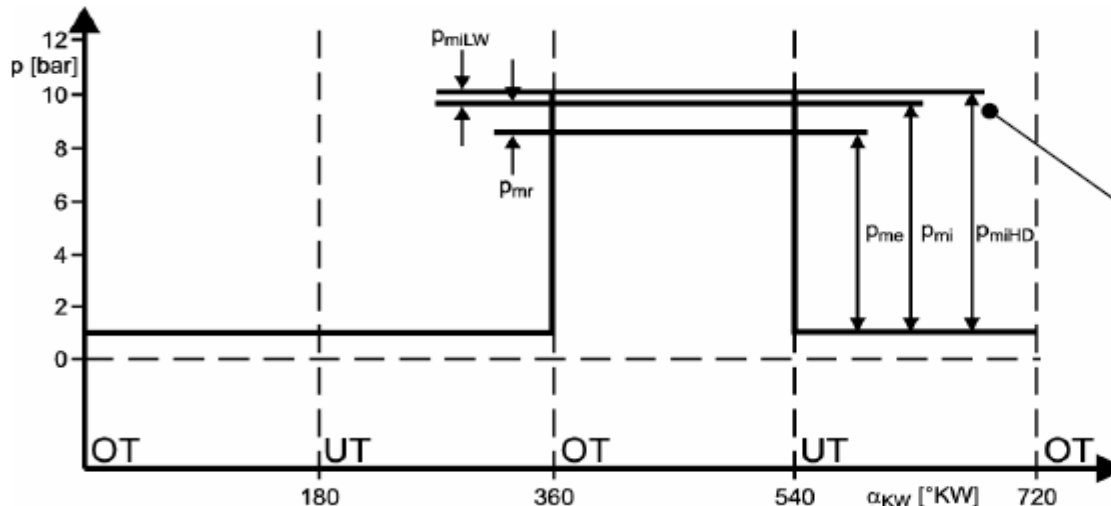
Mitteldruck



Realer Druckverlauf
(4 Takt) über 720 °KW

Merke:

Der mittlere Druck p_m ist jener (Über-)Druck, der konstant während der Expansion (180°KW) wirken müsste, um dieselbe Arbeit zu leisten wie der reale Druckverlauf über 720 °KW



Druckverlauf des mittleren Druckes p_m (theoretische Ersatzgröße)

Der Mitteldruck p_m ist verwendbar als:

- Gute Vergleichsgröße und erlaubt den Vergleich von Motoren mit unterschiedlichen Hubvolumina
- Maß für das Drehmoment

Gebräuchliche Größen von p_m sind:

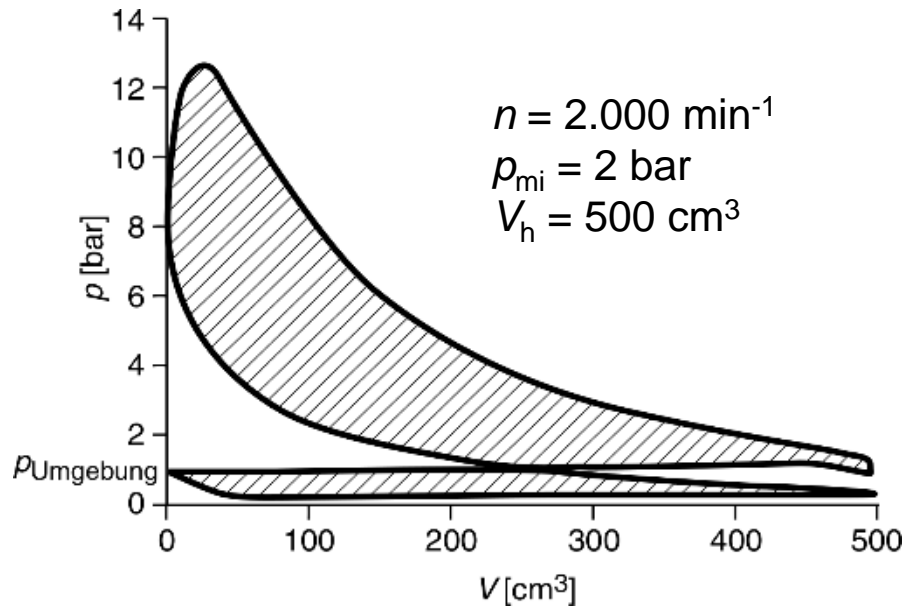
p_{mi}	mittlerer indizierter Druck
p_{miHD}	mittlerer indizierter Druck der Hochdruckschleife
p_{miND} , p_{miLW}	mittlerer indizierter Druck der Niederdruck- bzw. Ladungswechselschleife
p_{mr}	Reibmitteldruck
p_{me}	effektiver Mitteldruck

Indizierter Mitteldruck

Der indizierte Mitteldruck ist die Volumenänderungsarbeit des Kolbens, integriert über ein Arbeitsspiel, bezogen auf das Hubvolumen. Um p_{mi} bestimmen zu können, müssen der Druck im Zylinder und der Kurbelwinkel aufgenommen werden. Mittels der Kolbenweggleichung kann aus dem Drehwinkel das Volumen berechnet werden, daraus lässt sich der indizierte Mitteldruck wie folgt berechnen:

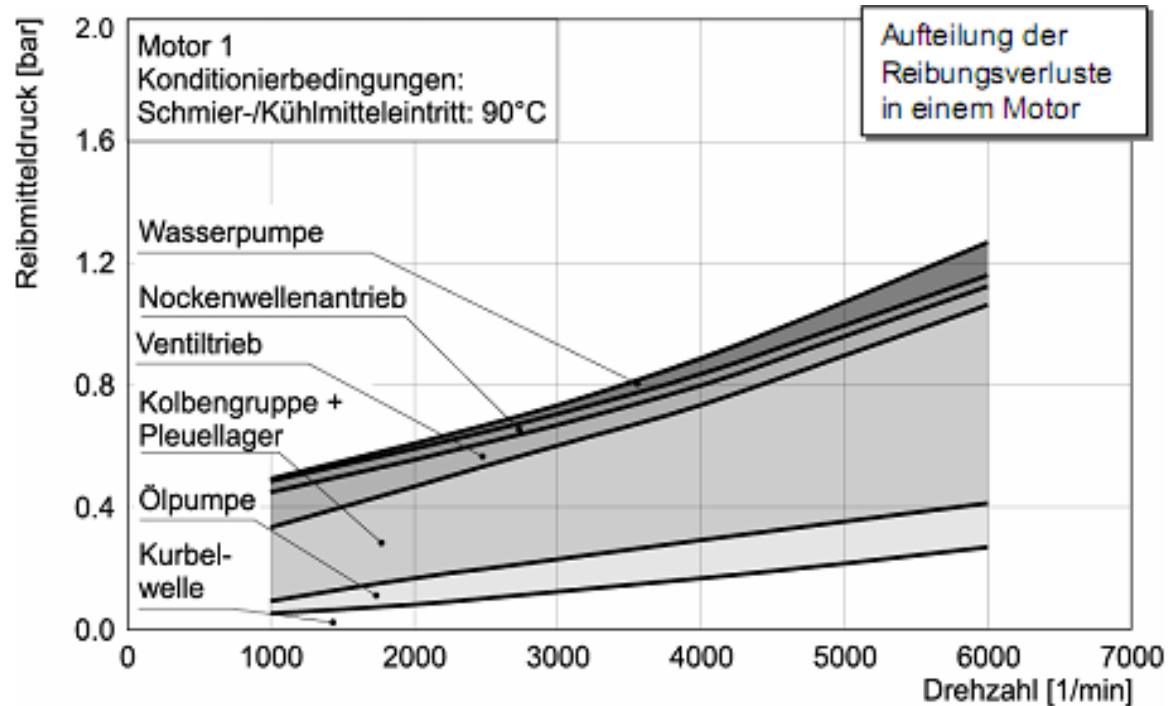
$$p_{mi} = \frac{1}{V_h} \cdot \oint_s p_Z dV_Z$$

Indizierter Mitteldruck



Quelle: R. von Basshuysen, F. Schäfer (Hrsg.), Handbuch Verbrennungsmotor, 2015

Reibmitteldruck



Der Reibmitteldruck enthält alle Reibverluste vom Brennraumdruck p bis zum Schwungrad. Die Reibverluste im Motor entstehen durch:

- Relativbewegungen der Triebwerksteile (mechanische Verluste)
- Aerodynamische und hydraulische Verluste
- Verluste durch Antriebe von Steuerungen und Hilfsantrieben, bes. Einspritzsystem

Effektiver Mitteldruck

$$p_{me} = p_{mi} - p_{mr} \Rightarrow p_{mr} = p_{mi} - p_{me} \Rightarrow p_{mi} = p_{me} + p_{mr}$$

$$p_{me} = \frac{P_e}{V_H \cdot a \cdot n}$$

$$P_e = M_M \cdot \omega_M = M_M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

Taktzahl – Verhältnis zwischen Drehzahl n und der Arbeitsspielfrequenz n_a :

$$a = \frac{n}{n_a}$$

$a = 1$ für Zweitakter

$a = 2$ für Viertakter

Indizierte Leistung:

$$P_i = \frac{W_i \cdot n}{a} = \frac{p_{mi} \cdot V_H \cdot n}{a}$$

Effektive Leistung:

$$P_e = M_M \cdot \omega_M = M_M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = \frac{p_{me} \cdot V_H \cdot n}{a} = P_i \cdot \eta_m$$

Reibleistung:

$$P_r = \frac{p_{mr} \cdot V_H \cdot n}{a} = P_i - P_e$$

Mittlere Kolbengeschwindigkeit

$$c_m = 2 \cdot s \cdot n$$

Hubvolumen

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

Gesamthubvolumen

$$V_H = V_h \cdot z$$

Indizierte Arbeit

$$W_i = p_{mi} \cdot V_H = \oint_s p_z \cdot dV_z$$

Effektive Arbeit

$$W_e = W_i \cdot \eta_m = p_{me} \cdot V_H$$

Mindestluftbedarf

Abhängig vom verwendeten Kraftstoff (C/H-Verhältnis) liegt der Mindestluftbedarf z. B. für Diesel bei:

$$L_{\min} = 14,6 \frac{\text{kg}_{\text{Luft}}}{\text{kg}_{\text{Kraftstoff}}}$$

Verbrennungsluftverhältnis

$$\lambda = \frac{m_{\text{Luft}}}{m_{\text{Kraftstoff}} \cdot L_{\min}}$$

→ bei Dieselmotoren ist $\lambda > 1$

In der Vollast liegt λ bei ca. 1,3-1,4

(Großdieselmotoren: λ bei ca. 1,6 – in der Teillast etwa bei 3-6)

Spezifischer Kraftstoffverbrauch

Der spezifische Kraftstoffverbrauch b_e gibt an, wieviel g Kraftstoff für die Erzeugung von einer kWh Arbeit/Energie im Motor aufgewendet werden müssen. Er erlaubt den Vergleich von Motoren verschiedener Größe.

Im Bestpunkt liegt er bei schnelllaufenden Schiffsdieselmotoren bei ca. 185-210 g/kWh, bei mittelschnelllaufenden bei ca. 170-190 g/kWh und bei langsamlaufenden bei ca. 162-175 g/kWh.

Der Zusammenhang zwischen b_e und η_e ist:

$$b_e = \frac{1}{\eta_e \cdot H_u} = \frac{\dot{m}_K}{P_e} = \frac{\dot{m}_K}{\eta_e \cdot H_u \cdot \dot{m}_K}$$

Der spezifische Verbrauch ist also äquivalent zum effektiven Wirkungsgrad.

12 K98MC (12 Zylinder, Zweitaktmotor, Bohrung = 980 mm, Hub = 2.660 mm),
Nennleistung = 62,5 MW, $n = 87 \text{ min}^{-1}$

Überfahrt nach Asien:

Betriebspunkt 80 % der Nennleistung, spezifischer Kraftstoffverbrauch 165 g/kWh,
Schmierölverbrauch 1 g/kWh, Luftverhältnis $\lambda = 3$

Hubvolumen V_h ?

Mittlere Kolbengeschwindigkeit c_m ?

Wirkungsgrad η_e ?

Tagesverbrauch Kraftstoff (DK)?

Tagesverbrauch Luft?

Einspritzmenge pro AS?

Einspritzmenge pro AS und Zylinder?

Tagesverbrauch Schmieröl?

Emissionen:

3 % Schwefel im Kraftstoff

15 g NO_x/kWh

Partikel: 0,003% der Abgasmasse

Schwefelausstoß und SO_2 pro Tag?

Tagesausstoß NO_x ?

Tagesausstoß Partikel?

12 K98MC, Nennleistung 62,5 MW,

Überfahrt nach Asien,
Betriebspunkt 80 % der Nennleistung = 50 MW

Hubvolumen (Hub = 2,66 m)

$$V_h = 2,01 \text{ m}^3$$

Mittlere Kolbengeschwindigkeit

$$c_m = 7,71 \text{ m/s}$$

Spezifischer Verbrauch

$$b_e = 165 \text{ g/kWh}$$

Wirkungsgrad

$$\eta_e = 51,3 \%$$

Tagesverbrauch Kraftstoff

$$198 \text{ t}$$

Tagesverbrauch Luft

$$8.672,4 \text{ t}$$

Einspritzmenge pro AS

$$1,58 \text{ kg}$$

Einspritzmenge pro AS und Zylinder

$$131,7 \text{ g}$$

Spezifischer Schmierölverbrauch

$$1 \text{ g/kWh}$$

Tagesverbrauch Schmieröl

$$1,2 \text{ t bzw. } 1,5 \text{ t}$$

Emissionen:

3 % Schwefel im Kraftstoff

→ Schwefelausstoß pro Tag = 5,94 t
(entspricht 11,88 t SO₂!)

15 g NO_x/kWh

→ Tagesausstoß NO_x = 18.000 kg

Partikel 0,003% Abgasmasse

Tagesausstoß Partikel = 266,1 kg