

Maschinenlaborpraktikum

Versuch Nr. 11: Energiebilanz

1. Ziel des Praktikums:

Experimentelle Ermittlung und Analyse der einzelnen Energiebilanzanteile für einen 4-Zylinder Dieselmotor. Die Energiebilanz soll für vier unterschiedliche Laststufen bei konstanter Motordrehzahl aufgestellt werden.

Es ist ein Versuchsprotokoll (z.B. Excel-Tabelle) für die Messwertaufnahme (Messgröße, Einheit, Wert) vorzubereiten und zum Praktikum mitzubringen.

2. Orientierungsfragen:

1. Wie kann der Brennstoffverbrauch berechnet werden?
2. Wie werden die Nutzleistung und der effektive Druck bestimmt?
3. Was ist bei der Mengenmessung kompressibler Medien zu beachten?
4. Welche Probleme treten bei der Abgastemperaturmessung auf?
5. Wie wird die Abgasmenge bestimmt?

3. Versuchsdurchführung:

Versuchsgrundlagen

Unter der Voraussetzung stationärer Strömungsvorgänge gilt der Energiesatz:

$$\dot{W}_t + \dot{Q} = \dot{H}_\beta - \dot{H}_\alpha$$

Bilanzanteile:

I. Arbeit:

$\dot{W}_{t,K}$ technische Arbeit an der Kupplung

$\dot{W}_{t,HE}$ notwendige technische Arbeit zum Antrieb mechanischer Hilfsaggregate

II. Wärmeströme:

$\dot{m}_K \cdot H_u$ Wärmestrom infolge Verbrennung des Kraftstoffes

$\dot{Q}_V$ Wärmestrom infolge Strahlung und Konvektion

III. Enthalpieströme:

- Kraftstoff: $\dot{m}_K \cdot h_K$ (Kraftstoffenthalpie wird vernachlässigt)
- Kühlwasser: $\dot{m}_{KW} \cdot h_{KW} = \dot{m}_{KW} \cdot c_{p,KW} \cdot T_{KW}$
- Kühlwasser für Ladeluft: $\dot{m}_{LLKW} \cdot h_{LLWKW} = \dot{m}_{LLKW} \cdot c_{p,LLKW} \cdot T_{LLKW}$
- Abgas: $\dot{m}_{Abg} \cdot h_{Abg} = \dot{m}_{Abg} \cdot c_{p,Abg} \cdot T_{Abg}$

Bei Motor-Kühlwasser und Kühlwasser für den Ladeluftkühler werden für Ein- und Austritt die Indizes E und A verwendet.

Bilanz:

$$-\dot{W}_{t,K} - \dot{W}_{t,HE} + \dot{m}_K \cdot H_u - \dot{Q}_V + \dot{m}_L \cdot c_{p,L} \cdot T_L - \dot{m}_A \cdot c_{p,A} \cdot T_A$$

$$+ \dot{m}_{KW} \cdot c_{p,KW} \cdot T_{KW,E} - \dot{m}_{KW} \cdot c_{p,KW} \cdot T_{KW,A} + \dot{m}_{LLKW} \cdot c_{p,LLKW} \cdot T_{LLKW,E} - \dot{m}_{LLKW} \cdot c_{p,LLKW} \cdot T_{LLKW,A} - \dot{H}_V = 0$$

Auf den Energiestrom $\dot{m}_K \cdot H_u$ bezogen:

$$1 = W'_{t,K} - H'_L + H'_A + H'_{KW} + H'_{LLKW} + (W'_{t,HE} + Q'_V)$$

$$1 = W'_{t,K} - H'_L + H'_A + H'_{KW} + H'_{LLKW} + E'_R \quad E'_R = \text{Restenergiestromanteil}$$

Es werden am Versuchsmotor vier Laststufen bei konstanter Drehzahl angefahren.

Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren
Praktikum Maschinenlabor – Versuch Nr. 11 „Energiebilanz“

Technische Daten des Versuchsmotors

Typ:	Turbo-aufgeladener R4-Zylinder Diesel mit CR-Einspritzung
Abgaszertifizierung:	Euro VI
Nennleistung:	110 kW
Nennmoment:	320 Nm
Hubraum:	1968 cm ³
Hub:	95,5 mm
Bohrung:	81 mm
Verdichtungsverhältnis:	16,2

Hinweise zur Durchführung

Für jeden Lastpunkt sind alle notwendigen Messwerte zur Berechnung der Energiebilanz zu ermitteln. **Ein Handmessprotokoll, z.B. Excel-Tabelle, zur Protokollierung der Messwerte ist zum Kolloquium vorzubereiten.** Die Einweisung in die Messtechnik und die Motorsteuerung erfolgt direkt am Prüfstand. **Besonderes Augenmerk ist dabei auf mögliche Messunsicherheiten bzw. Messfehler zu legen.**

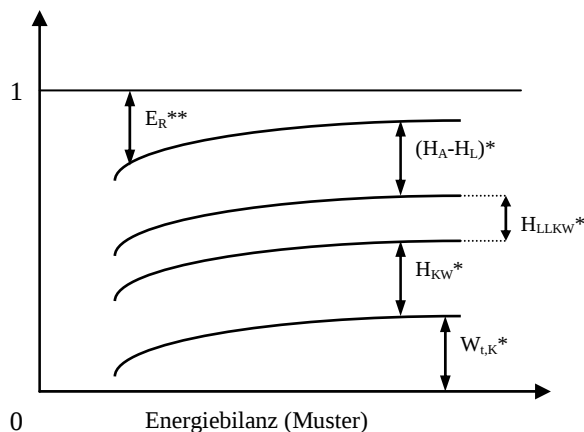
4. Versuchsauswertung:

Die Versuchsauswertung hat in elektronischer Form zu erfolgen. Der Versuch gilt als erfolgreich abgelegt, wenn das Protokoll positiv bewertet wurde.

Das Versuchsprotokoll hat folgenden Ansprüchen zu genügen:

- Darstellung der Versuchsdurchführung
- Darlegung der theoretischen Grundlagen
- Beantwortung der Orientierungsfragen
- Auflistung der Messwerte zzgl. Handmessprotokoll im Original (z.B. Scan)
- Graphische Darstellung der Ergebnisse gemäß Diagramm
- Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich:
 - o Plausibilität
 - o Kritische Hinterfragung von Messfehlern/-unsicherheiten
 - o Erläuterung eventuell getroffener Annahmen

dimensionslose Energie



Literatur:

- (1) R. Sperber: Technisches Handbuch Dieselmotoren
- (2) H.-J. Siedschlag: Lehrbriefe Hauptantriebsmaschinen
- (3) W. Bunnenberg: Schiffsdieselmotoren
- (4) R. Pischinger: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine
- (5) A. Urlaub: Verbrennungsmotoren

Stoffwerte:

Unterer Heizwert Diesel H_u : $H_u = 42,5 \text{ MJ/kg}$

Spezifische Gaskonstante von Luft: $R_L = 287 \text{ J/kgK}$

Spezifische Gaskonstante von Abgas: $R_{EG} = 285 \text{ J/kgK}$

T	°C	0	250	500	700
$c_{p,A}$	kJ/kg K	1,04	1,065	1,11	1,12
$c_{p,L}$	kJ/kg K	1,004	1,025		

T	°C	0-100
c_{p,H_2O}	kJ/kg K	4,19

5. Versuchsaufbau:

