

DI Dr. techn. Klaus LEEB

klaus.leebe@schule.at

Kennlinien eines 4-Takt Dieselmotors



- **Didaktische Inhalte:**
 - Kennfeld und Kennlinien eines Dieselmotors; Zusammenspiel eines Motors mit einem Verbraucher;**
 - Einsatz von MathCAD bei der Auswertung von Messdaten.**
- **Kurzzusammenfassung**
 - 1) Durch Messung des Drehmomentes M_T und der Drehzahl n_{Motor} an der Kupplungswelle des Dieselmotors erhält man die effektive Leistung P_{eff} des Motors
 - 2) Durch Messung der Durchlaufzeit Δt für 50ml Diesel und dem Heizwert von Diesel erhält man die zugeführte primäre Energie bzw. Leistung P_{zu} .
- **Ergebnis:**
 - 1) Berechnung folgender Größen:
Effektive Leistung P_{eff} , Gesamtwirkungsgrad η_{gesamt} , stündlicher Kraftstoffverbrauch B_e , spezifischer Kraftstoffverbrauch b_e , Drehmoment M_T
 - 2) Dimensionslose Darstellung der Ergebnisse als Funktion der Drehzahl in einem Diagramm, wobei die Bezugsgrößen Index "opt" die Werte beim besten Wirkungsgrad sein sollen.
- **Lehrplanbezug (bzw. Gegenstand / Abteilung / Jahrgang):**
 - Verbrennungsmotoren: Die bestimmenden Größen eines Dieselmotors, 5. Jahrgang**
- **Mathcad-Version:**
 - Mathcad 2001**
- **Literaturangaben:**
 - H. Grohe "Otto- und Dieselmotoren", ISBN 3 - 8023 - 1559 - 6, Vogel-Fachbuch**
 - K.-H. Küttner "Kolbenmaschinen", ISBN 3-519-06344-1, Teubner - Stuttgart**
- **Probleme der Messung bzw. Messdaten:**
 - Datum der Messdaten: 12.Nov 2004**
 - Es wurde eine konstante Drehzahl gefahren und die Belastung kontinuierlich mit einer Wirbelstrombremse bis zur Vollast erhöht.**



Definition von Nicht - SI-Einheiten:

$\text{bar} := 10^5 \cdot \text{Pa}$ $\text{kJ} := 10^3 \cdot \text{J}$ $\text{kmol} := 10^3 \cdot \text{mol}$ $\text{Liter} := \text{l}$ $\text{ml} := 10^{-3} \cdot \text{Liter}$
 $^{\circ}\text{C} := \text{K}$ $T_0 := 273.15 \cdot \text{K}$ $\text{ms} := 10^{-3} \cdot \text{s}$ $\text{Gramm} := \text{gm}$ $\text{Nm} := \text{N} \cdot \text{m}$
 $\text{kJ} := 10^3 \cdot \text{J}$

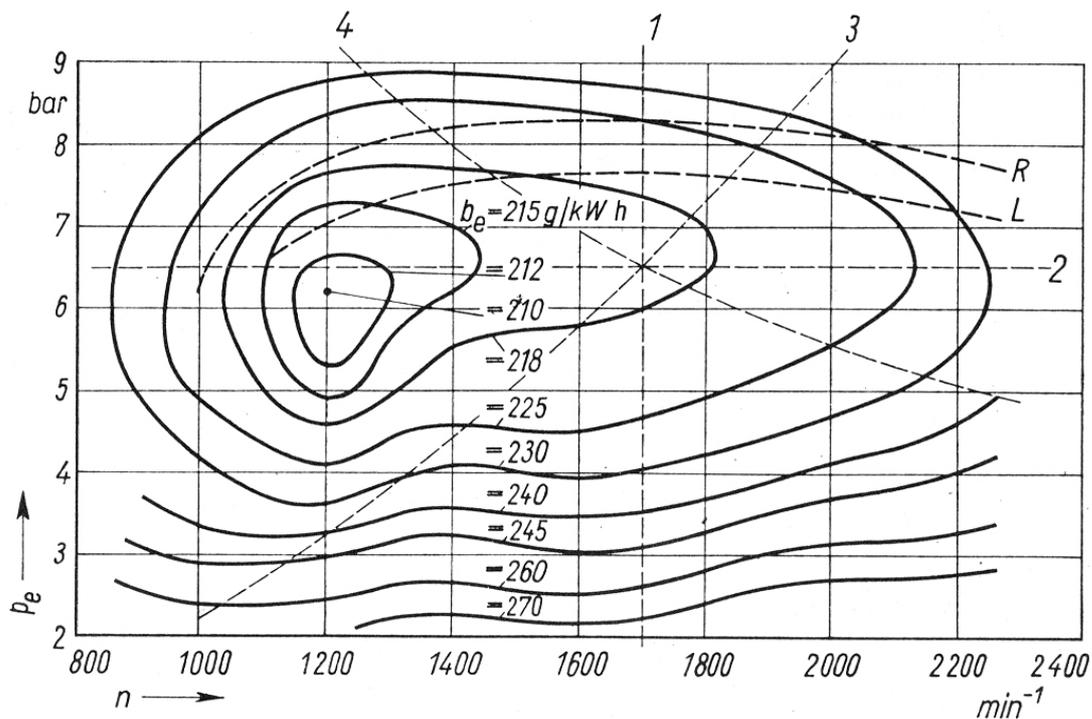
Grundlagen und Daten des "Hatz 2L30Z" Dieselmotors

Technische Daten des Motors:

Type: Hatz 2L30S
 Arbeitsverfahren: 4-Takt
 Einspritzverfahren: Direkteinspritzung
 Zylinderzahl: 2
 Bohrung: 95mm
 Hub: 100mm
 Hubraum: 1416cm³
 Verdichtungsverhältnis: 17:1
 Einspritzdruck: 250+8bar (8bar zum Öffnen der Einspritzdüse)
 Verbrennungsluftbedarf: bei $n=3000\text{min}^{-1}$ ungefähr 2.12 m³/min
 Kühlluftbedarf: bei $n=3000\text{min}^{-1}$ ungefähr 23 m³/min
 Mittlere Kolbengeschwindigkeit: bei $n=3000\text{min}^{-1}$ ungefähr 10 m/s

Kennfeld eines 4-Takt Motors:

Das unten dargestellte Kennfeld zeigt Linien konstanten spezifischen Kraftstoffbedarfs in Abhängigkeit des effektiven Druckes p_e und der Drehzahl n . Durch die Belastung mit einem Verbraucher (Antrieb einer Maschine) wird dieses 3D-Kennfeld mit der Verbraucherkenlinie bzw. -fläche geschnitten --> daraus erhält man die gewünschte Kennlinie des Motors.



Versuchsanordnung: Der 2-Zylinder drehzahlgeregelte 4-Takt Dieselmotor kann durch eine direkt an der Kurbelwelle angebaute Wirbelstrombremse beliebig belastet werden (ein beliebiges Drehmoment kann eingestellt werden). Ebenso kann der Brennstoffbedarf bestimmt werden (es wird die Zeit gemessen, die für einen Dieselverbrauch von 50ml benötigt wird).

Durchführung des Versuches: SIMULATION der Linie 1 (Antrieb von Notstromaggregaten oder Simulation eines Tempomaten). D.h. der Motor wird auf einer konstanten Drehzahl gehalten und unterschiedlich belastet, vgl. Autobahnfahrt mit Tempomat mit einem PKW bei konstanter Geschwindigkeit (Wechselgebiet oder Packabschnitt der A2)

Kennlinie Dieselmotor - bei konstanter Drehzahl

Auswertung der Messung

Die folgenden Messdaten wurden in der "Laborübung Verbrennungsmotoren" am 12. November 2004 gemessen.

Daten := Messdaten HATZ n1400 12Nov04.xls

Die Messdaten sind im Excelfile "Messdaten HATZ n1400 12Nov04.xls" abgelegt.

Spalte 1: Kraft F [N] an der Waage
 Spalte 2: Durchlaufzeit [s] für 50ml Diesel

	"Kraft [N]"	"Zeit [s]"
Daten =	2.5	213.1
	10	180.4
	20	142.8
	30.4	116.6
	39.8	98.9
	50	83.3
	54.4	78.9

Wieviele Messdaten? $n := \text{zeilen}(\text{Daten})$ **n = 8**

Bereichvariable für Auswertung $i := 1..n - 1$

Extrahieren der Messdaten aus dem Array "Daten"

Kraft an der Waage: $F_{\text{Waage}_i} := \text{Daten}_{i,0} \cdot \text{N}$

Kraftstoffdurchlaufzeit $\Delta t_i := \text{Daten}_{i,1} \cdot \text{s}$

Drehzahl: $n_{\text{Motor}} := 1400 \cdot \text{min}^{-1}$ Die Drehzahl wurde konstant gehalten

Berechnen der geforderten Werte

1) Die effektive Leistung P_{eff}

$$P_{\text{eff}} = F_{\text{Waage}} \cdot L_{\text{Hebel}} \cdot \omega_{\text{Motor}}$$

Daten der Wasserwirbelbremse:

Winkelgeschwindigkeit $\omega_{\text{Motor}} := 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{Motor}}$

Hebelarm der Waage: $L_{\text{Hebel}} := 954.9 \cdot \text{mm}$
 (an der Waage abzulesen)

$$P_{\text{eff}_i} := F_{\text{Waage}_i} \cdot L_{\text{Hebel}} \cdot \omega_{\text{Motor}}$$

2) Die zugeführte Leistung P_{zu} bzw. Wärmestrom

$$P_{\text{zu}} = m_{\text{Punkt_Kraftstoff}} \cdot H_{\text{u_Diesel}} \quad \text{mit} \quad m_{\text{Punkt_Kraftstoff}} = \frac{V_{\text{Kraftstoff_50ml}} \cdot \rho_{\text{Diesel}}}{\Delta t_{\text{Durchlaufzeit}}}$$

Daten des Dieselöls

Dichte $\rho_{\text{Diesel}} := 840 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Brennwert = unterer Heizwert

$$H_{\text{u_Diesel}} := 41700 \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Anmerkung: Während des Versuchs wurde die Zeit gemessen, die vergeht, während 50ml Dieselöl verbraucht wird.

$$V_{\text{Kraftstoff}_50\text{ml}} := 50 \cdot \text{ml}$$

$$\text{Massenstrom Kraftstoff} \quad m_{\text{Punkt}_\text{Kraftstoff}_i} := \frac{V_{\text{Kraftstoff}_50\text{ml}} \cdot \rho_{\text{Diesel}}}{\Delta t_i}$$

Zugeführter Wärmestrom bzw. zugeführte chemische Leistung (durch Brennstoff)

$$P_{\text{zu}_i} := m_{\text{Punkt}_\text{Kraftstoff}_i} \cdot H_{\text{u}_\text{Diesel}}$$

3) Der effektive Wirkungsgrad η_{eff} :

$$\eta_{\text{eff}} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{zu}}}$$

$$\eta_{\text{eff}_i} := \frac{P_{\text{eff}_i}}{P_{\text{zu}_i}}$$

Gibt die Prozent an, die von der im Kraftstoff enthaltenen chemischen Energie an der Kupplung ankommt.

4) Der mittlere effektive Druck p_e :

$$P_{\text{eff}} = p_e \cdot V_H \cdot \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{Zyl}}}$$

$$n_{\text{Zyl}} := 2$$

$$V_H := 1416 \cdot \text{cm}^3$$

Der mittlere effektive Kolbendruck ist eine reine Rechengröße, die sich zur Auslegung von Motoren bestens eignet.

$$p_{e_i} := \frac{P_{\text{eff}_i}}{V_H} \cdot \frac{n_{\text{Zyl}}}{n_{\text{Motor}}}$$

5) Der spezifische Kraftstoffverbrauch b_e [g/kWh]:

Stündlicher Kraftstoffbedarf B_e [kg/h]

$$B_{e_i} := m_{\text{Punkt}_\text{Kraftstoff}_i}$$

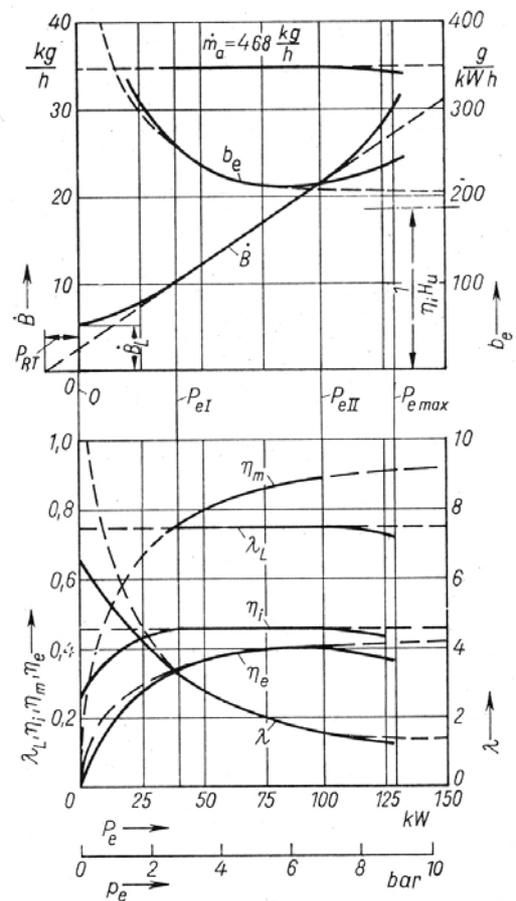
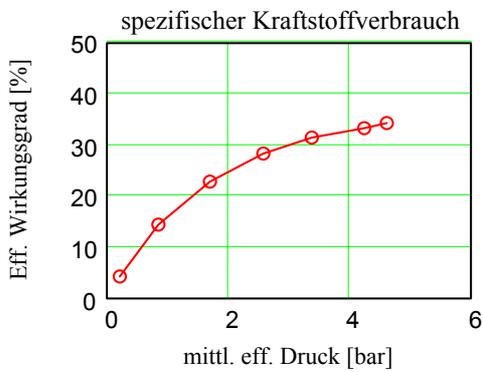
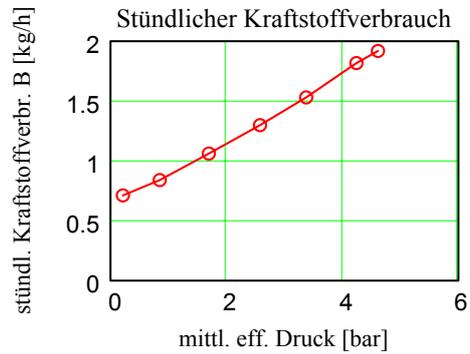
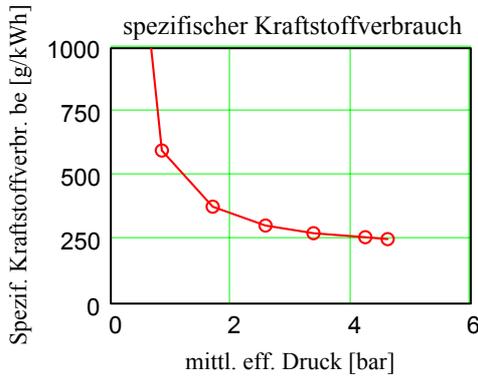
spezifischer Kraftstoffverbrauch b_e [g/kWh]

$$b_e = \frac{B_e}{P_{\text{eff}}} \quad \text{oder} \quad b_e = \frac{1}{\eta_{\text{eff}} \cdot H_{\text{u}_\text{Diesel}}}$$

$$b_{e_i} := \frac{B_{e_i}}{P_{\text{eff}_i}}$$

Mit Hilfe dieser Größe kann man im Kennfeld (siehe oben) den wirtschaftlichsten Betriebspunkt (= geringster Kraftstoffverbrauch) des Motors ermitteln.

Darstellung der Kennlinien (bei konstanter Drehzahl)



Der Vergleich der Messdaten mit dem theoretischen Verlauf der Kennlinien nach Bild 354.1 Küttner zeigt eine zufriedenstellende qualitative Übereinstimmung mit den gemessenen der Kennlinien eines Dieselmotors bei konstanter Drehzahl.

354.1 Kennlinien des Motors nach Bild 353.1 bei $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ (theoretischer Verlauf - - -)