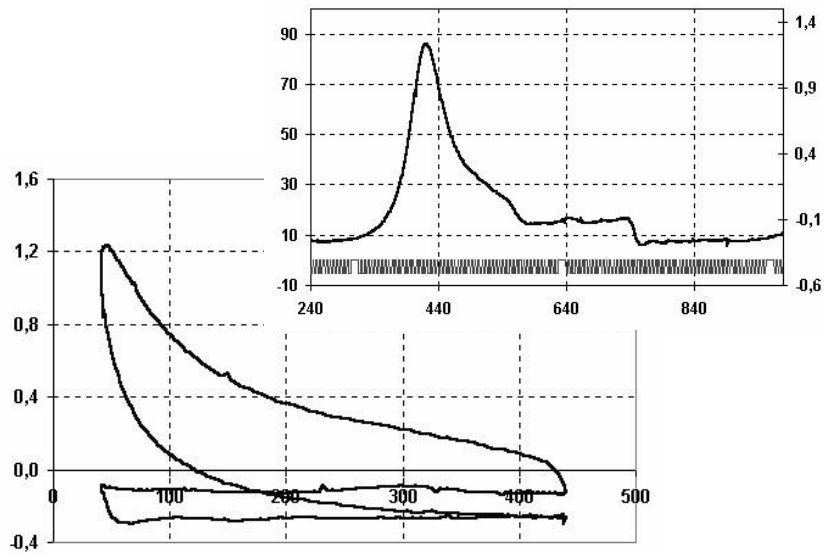


Praktikumsversuch

Indikatordiagramm des Otto-Motors



1. Versuchsziel

Der Inhalt des Praktikums besteht in der Messung und Auswertung der Größen Druck und Volumen eines realen Otto-Kreisprozess. Der Praktikant soll die Merkmale des realen Prozesses für verschiedene Betriebszustände herausarbeiten und die Indiziermesstechnik kennenlernen.

2. Grundlagen

Messtechnik:

- piezoelektrische und piezoresistive Druckmessung
- elektrodynamische und induktive Weg-/Winkelmessung

Motorentchnik

- Thermodynamik idealer Kreisprozesse (Diesel, Otto):
p-v-Diagramm, T-s-Diagramm, Wirkungsgrad, Leistung
- Charakteristik des realen Otto-Prozesses:
qualitative Merkmale, technische Realisierung der einzelnen Phasen,
Verlustleistung

3. Versuchsaufbau

Es steht ein 4-Zylinder-Ottomotor zur Verfügung, der mit einer Wirbelstrombremse mechanisch belastet werden kann.

Technische Daten des Motors:

Hersteller:	BMW AG
Typ:	M43 B16
Leistung (bei Drehzahl):	75 kW (5500 U/min)
Drehmoment (bei Drehzahl):	150 Nm (3900 U/min)
Bauform:	4-Zylinder, Reihe
Hubraum:	$\Sigma V_h = 1596 \text{ cm}^3$
Kompressionsverhältnis:	$\epsilon = 9.7$
Bohrung:	d = 84 mm
Hub:	h = 72 mm
Öffnungsdauer E/A:	244/244 °KW
Spreizung E/A:	104/110 °KW
Pleuellänge:	145 mm

Die Messung des Druckes erfolgt mit einer Messzündkerze. Diese Spezialkerze ist brennraumseitig mit einem Miniatur-Drucksensor ausgerüstet.

Die Messung des Kurbelwinkels erfolgt mit dem serienmäßigen Kurbelwinkelgeber, der aus einer kurbelwellenfesten Zahnscheibe und einem elektrodynamischen Geber besteht. Das Gebersignal wird am Steuergerät abgegriffen. Der Kolben des Zylinders Nr. 1 befindet sich im Oberen Totpunkt, wenn der 18. Zahn hinter der Lücke sensiert wird.

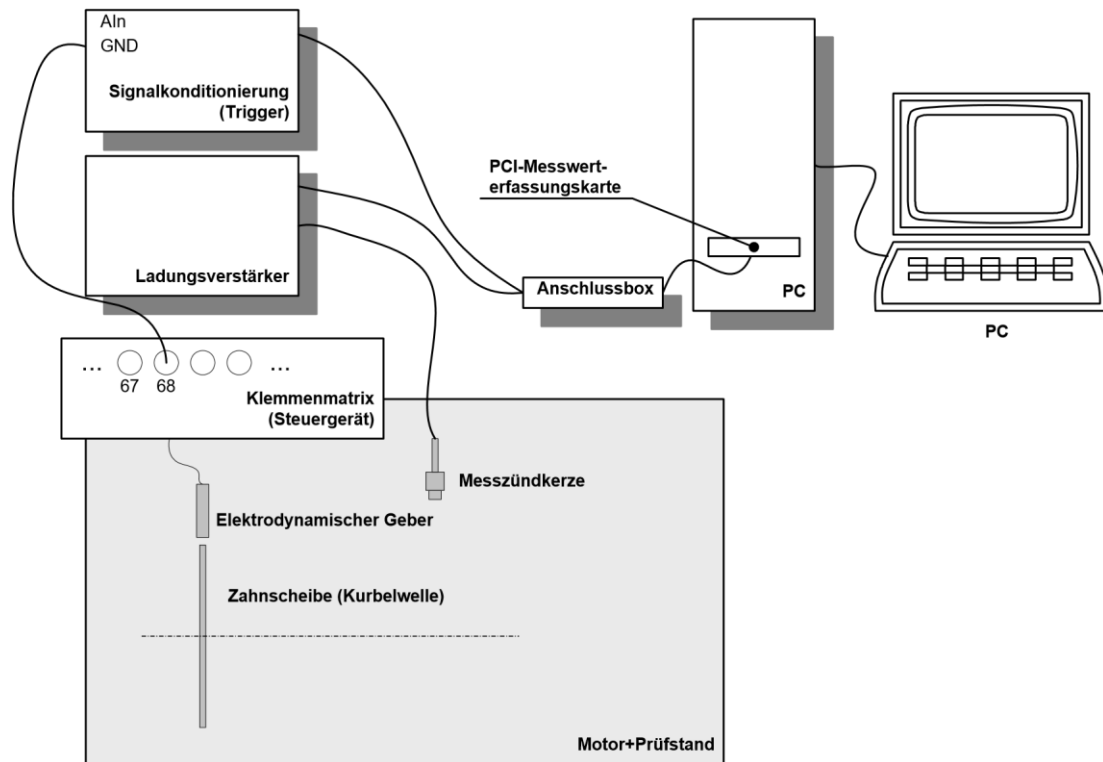


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Messketten

Die folgende Abbildung zeigt die Bedienoberfläche der Messwerterfassungssoftware (LabVIEW).

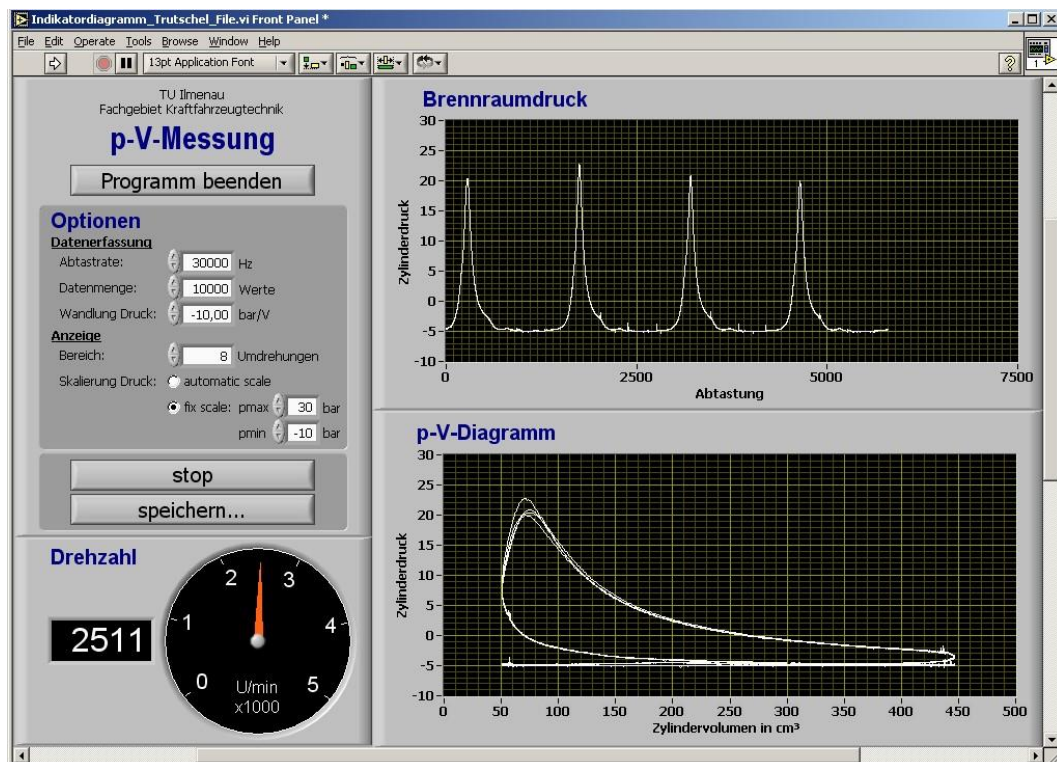


Abbildung 2 Messwerterfassungssoftware (LabVIEW)

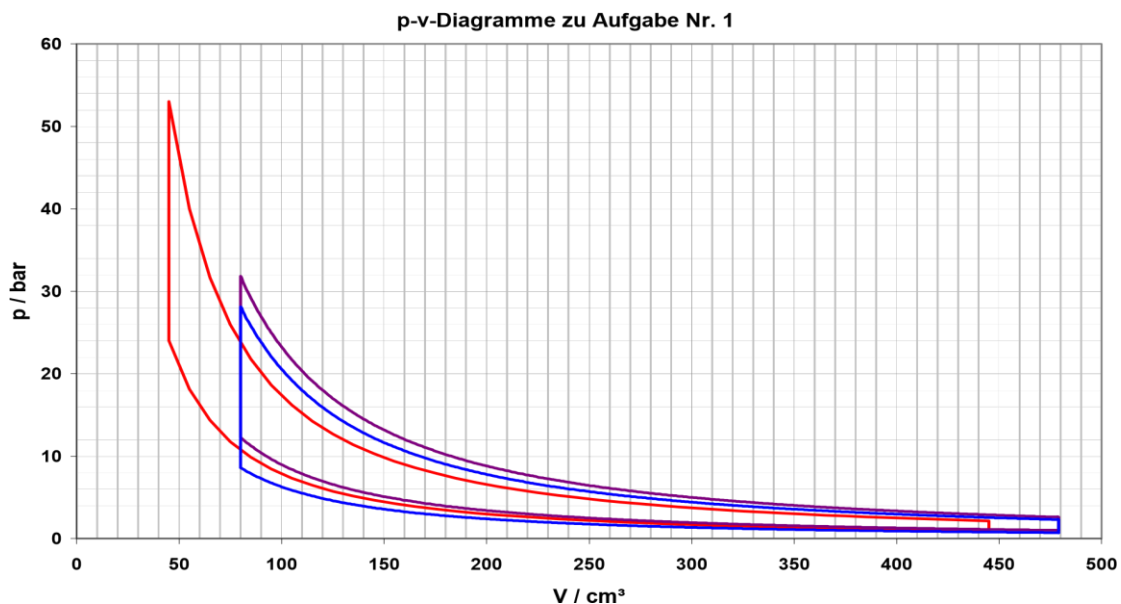
4. Vorbereitung

- Schätzen Sie die zu erwartenden Brennraumdrücke p_2 und p_3 ab. Gehen Sie dabei vom idealen Otto-Prozess und konstanten Stoffwerten aus (Bezeichnung: Kompression 1-2, Erwärmung 2-3, Expansion 3-4, Abkühlung 4-1):

<u>geg.:</u>	Betriebszustand	$P=20 \text{ kW}$ $n=3000 \text{ U/min}$ $T_1=293 \text{ K}$ $p_1=1 \text{ bar}$
	Konstruktion	4-Zylinder-Motor $\varepsilon=9.7$ $\Sigma V_h=1596 \text{ cm}^3$
	Stoffwerte	$c_v=719 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ $R=287 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

- ges.:
- p_2 und p_3
 - wie 1), jedoch $\varepsilon=6$
 - wie 1), jedoch $\varepsilon=6$ und $p_1=0.7 \text{ bar}$

Zu dokumentieren sind die gesuchten Werte mit den dazugehörigen Rechenwegen. Die folgende Abbildung zeigt die entsprechenden p-V-Diagramme.



- Die Abtastrate des Messwertersystems sollte gering gewählt werden, um die Größe der Daten zu begrenzen, aber wiederum groß genug um die erforderliche Messgenauigkeit einzuhalten. Für den vorliegenden Fall müssen alle Zähne und alle Lücken sicher erkannt werden. Ermitteln Sie die erforderliche Abtastrate, wenn pro Zahn bzw. pro Lücke zwei Abtastungen stattfinden sollen und die Kurbelwellendrehzahl $U=[800, 2000, 3000] \text{ U/min}$ beträgt. (Zähnezahl der Zahnscheibe: 58 Zähne + 2 Fehlstellen)

5. Aufgabenstellung

Für folgende Drehzahlen n und mechanische Nutzlasten P ist der zeitliche Verlauf des Brennraumdruckes und des Kurbelwinkelsignals für mindestens 2-Zyklen zu erfassen:

Messung-Nr.	Abtastrate	Drehzahl n , U/min		Nutzleistung P , kW	
		Soll	Ist	Soll	Ist
befeuert					
1		Leerlauf		0	
2		2000		0	
3		3000		0	
4		3000		10	
5		3000		20	
unbefeuert (Schubabschaltung: plötzliches Gaswegnehmen aus höherer Drehzahl)					
6		0-3000		0	

6. Durchführung

Betriebsbereitschaft herstellen:

- 1.) Prüfstand und PC einschalten
- 2.) Messkette "Druck" überprüfen:
 - Messzündkerze
 - Ladungsverstärker
 - A/D-Wandler
- 3.) Messkette "Kurbelwinkelgeber" überprüfen
 - Geber
 - Trigger
 - Spannungsversorgung • A/D-Wandler
- 4.) Messwerterfassung einrichten
 - PC einschalten
 - LabVIEW-Programm aufrufen und starten

Durchführung einer Messung:

- 1.) Programm starten
- 2.) Motor anlassen und mit dem Gashebel und dem Last-Potentiometer die gewünschten Parameter einstellen
- 3.) „Save + Hold“ klicken
- 4.) Dateinamen eingeben

4. Auswertung

Die Messwerte werden in einer Text-Datei in folgendem Format abgelegt

<Druck, unskaliert> tab <Kurbelwinkelgeber> cr lf

Die grafische Darstellung der Messwerte, die Skalierung und Umrechnung in ein p-V-Diagramm sowie die Berechnung der Innenleistung erfolgt mit dem Excel-Programm "Auswertung_p_v..xls".

Die Auswertung umfasst die Erstellung eines Protokolls mit folgendem Inhalt:

1. Zeitsignale für Druck und Kurbelwinkel

- 1.) Stellen Sie für alle Messungen die Messwerte $p=f(t)$ und Kurbelwinkelgebersignal= $f(t)$ dar. Diskutieren Sie den qualitativen Verlauf des Drucksignals.
- 2.) Wählen Sie ein Diagramm (befeuert) aus und markieren Sie folgende Zustände:
 - Oberer Totpunkt
 - Unterer Totpunkt
 - Einlassventil öffnet/schließt
 - Auslassventil öffnet/schließt
 - Zündzeitpunkt (geschätzt)

2. Indikatordiagramm

- 1.) Erstellen Sie die p-V-Diagramme für alle Messungen. Diskutieren Sie die Kurven.
- 2.) Ermitteln Sie die Innenleistung P_i , den indizierten Mitteldruck p_{mi} und die Wechselverlustleistung P_v (Schätzung) für die Messungen Nr. 3, 4 und 5. Diskutieren Sie die Werte. Begründen Sie die Abweichungen zwischen Innenleistung P_i und angezeigter Nutzleistung P_{eff} .
- 3.) Wählen Sie ein Diagramm aus und ordnen Sie einem Zyklus (befeuert) folgende Begriffe zu:
 - Oberer Totpunkt (OT)
 - Unterer Totpunkt (UT)
 - Einlassventil öffnet/schließt (EÖ, ES)
 - Auslassventil öffnet/schließt (AÖ, AS)
 - Zündzeitpunkt (Z)

5. Literatur

- „Indizierung in der Motorentwicklung“ - Die Bibliothek der Technik Band 287, 2006
- Urlaub, Alfred: „Verbrennungsmotoren: Grundlagen, Verfahrenstheorie, Konstruktion.“ - 2., neubearb. Aufl. - Springer, 1994
- Dietzel, F. Wagner, W. – „Technische Wärmelehre: Grundlagen für Ingenieure.“ - 7., überarb. Aufl. - Vogel, 1998
- Grohe, H. – „Otto- und Dieselmotoren: Arbeitsweise, Aufbau und Berechnung von Zweitakt- und Viertakt-Verbrennungsmotoren.“ - 11. Aufl. - Vogel, 1995
- Kuratle, Rolf: - „Motorenmeßtechnik.“ - 1. Aufl. - Würzburg: Vogel, 1995