



## Versuch 8: Druckmessung

### 1. Versuchsaufbau

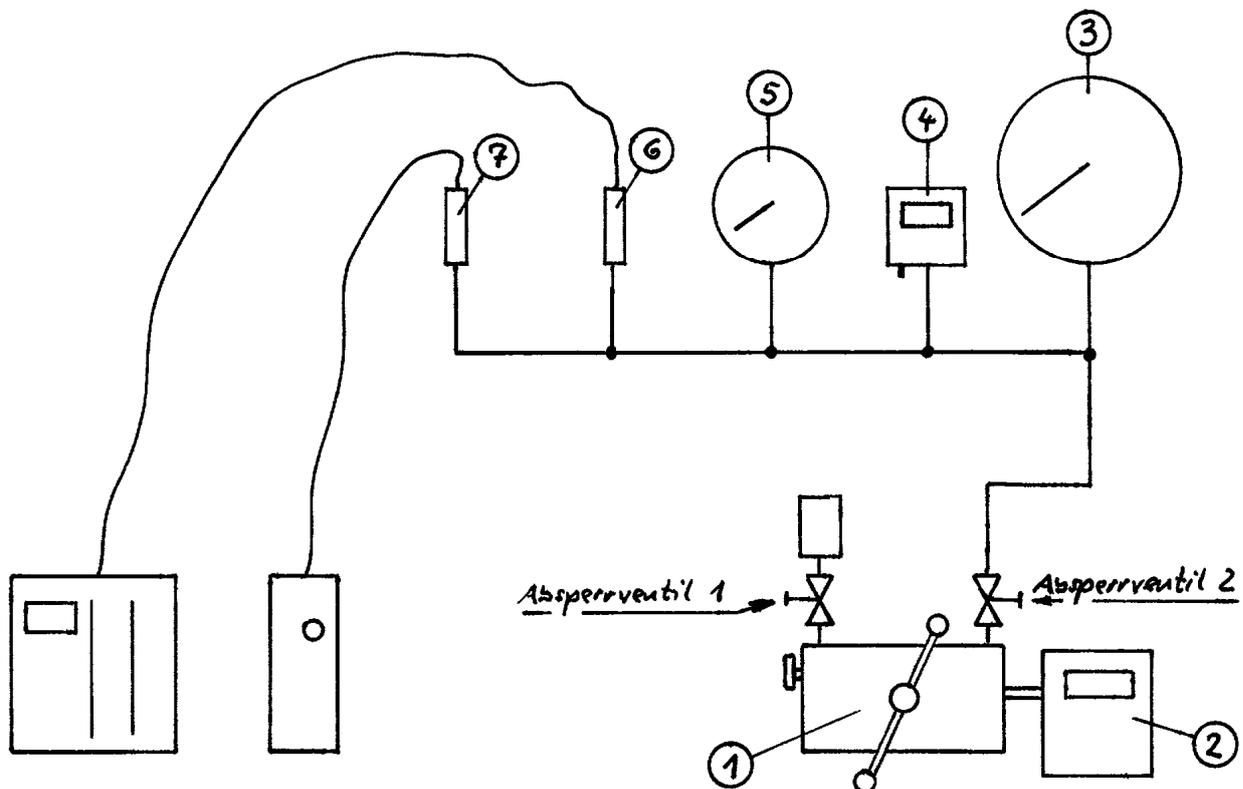
#### 1.1. Umfang des Versuches

Im Versuch werden folgende Themen behandelt:

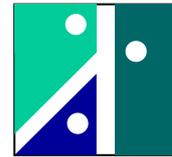
- Druckmessung bis 100 bar
- Nullpunktgleich und Kalibrierung
- Kontrolle der Herstellerangaben
- Systematischer Messfehler eines Manometers

### 2. Versuchsaufbau und Beschreibung

Der prinzipielle Aufbau des Versuches ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt.



- (1) Druckerzeugung mittels Spindelpumpe (ausgelegt bis 200 bar)
- (2) Druckkalibratorsystem / Messbereich 200 bar / Klasse 0.1
- (3) Präzisions-Feinmessmanometer / 250 bar / Klasse 0.1
- (4) "Digibar" / Dünnschicht DMS / 200 bar / Klasse 0.2
- (5) Manometer mit Bourdon Rohr / 100 bar / Klasse 1.0
- (6) Absolutdruckaufnehmer P3MA / 500 bar / Klasse 0.05  
angeschlossen an TF-Verstärker / Klasse 0.1
- (7) Piezoresistiver Druckaufnehmer / 200 bar / Linearität 0,3 %  
angeschlossen an Verstärker / Toleranz Kalibrierstrom 0,2 %



### **Einstellen eines gewünschten Druckes**

Durch Hineindreuen der Spindel wird das eingeschlossene Ölvolumen komprimiert und in das System gedrückt. Dabei muss das Absperrventil 1 geschlossen und das Absperrventil 2 geöffnet sein. Ist der Kolben ganz eingefahren, so ist das Absperrventil 2 zu schließen und das Absperrventil 1 zu öffnen. Durch Linksdrehung der Gewindespindel kann der Kolben nun wieder ausgefahren werden, um neues Öl aus dem Vorratsbehälter anzusaugen. Wird anschließend wieder komprimiert ( also eingefahren ) muss Absperrventil 1 wieder geschlossen und Absperrventil 2 erneut geöffnet werden.

Da sich ein gewisser Luftblasenanteil im Hydrauliksystem nur schwierig vermeiden lässt, müssen zu Beginn 1-2 Kompressionshübe gefahren werden.

### **Thermodynamische Effekte durch Lufteinschlüsse**

Wird (nahezu) sprungförmig ein höherer Druck eingestellt, so fällt der erzielte Druck anschließend wieder leicht ab. Wird (nahezu) sprungförmig ein niedrigerer Druck eingestellt, so steigt der Druck anschließend wieder leicht an.

Begründung: Nahezu adiabate Zustandsänderung in kurzer Zeit und anschließender Angleich der Temperatur an Umgebungszustand (Isochore).

Kompression: Luft erwärmt sich, kühlt im Laufe der Zeit wieder ab, Druck sinkt wieder

Expansion: Luft kühlt bei Expansion ab, erwärmt sich im Laufe der Zeit, Druck steigt wieder an

### **Nullpunkteinstellung Kalibrierung**

Druckkalibrator "Jofra" / Fab. Wika:

Nach dem Einschalten und kurzem Warten wird der Nullpunkt eingestellt (Drehknopf mit Bezeichnung Zero).

Feinmessmanometer / Fab. Wika:

An diesem Gerät sind keine Einstellungen vorzunehmen.

Digitalmanometer "Digibar" / Fab. HBM:

Anschalten durch leichte Drehbewegung ( links an Unterseite )

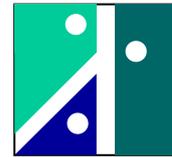
DMS-Absolutdruckaufnehmer P3MA mit TF-Messverstärker / Fab. HBM:

- Anschluss des Aufnehmers an Geräterückseite
- Nach Einschalten: R-Abgleich und C-Abgleich
- Kalibrierung:
  - Empfindlichkeit 2 mV/V entsprechen 500 bar
  - Kalibriertaste erzeugt 1 mV/V, entspricht also 250 bar
  - sinnvoll: Einstellen der Verstärkung so, dass  $u_a = 2,5 \text{ V}$
  - dann entspricht 1 V einem Druck von 100 bar

Piezoresistiver Druckaufnehmer Fab. Kistler:

- Herstellerangaben:
- Messbereich: 0...200 bar<sub>abs</sub>
  - Kalibrierstrom: 3,267 mA
  - Empfindlichkeit: 2,5 mV/bar
  - Verstärkung beim 10 V Ausgang (auf Rückseite) : 20

Der Hersteller gibt für diesen speziellen Aufnehmer einen Kalibrierstrom von 3,267 mA an. Dies bedeutet, dass der Speisestrom der Messbrücke 3,267 mA betragen soll und dass dann ein Ausgangssignal von 2,5 mV/bar entsteht.



### 3. Versuchsaufgabe und Anleitung zur Durchführung

#### 3.1. Überprüfung der Toleranzen der Herstellerangaben

Stellen Sie nacheinander die unten angegebenen Drücke ein. Als Referenzgerät dient das Feinmessmanometer. Gehen Sie dabei am besten so vor, dass ein(e) Student(in) versucht den Druck genau einzustellen und zu halten, während ein(e) andere(r) die Werte abliest und notiert. Es soll ein Belastungszyklus und ein Entlastungszyklus durchlaufen werden. Drehen Sie die Spindel bei einem Belastungszyklus nicht zurück (Umkehrspanne, Hysterese).  
 Hinweis: Das Manometer 0-100 bar wird hierbei nicht untersucht.

Wertetabelle:

Fein- druck- manom. [bar]	„Jofra“		„Digibar“		Absolutdruckaufnehmer		piezoresistiv		
	Druck [bar]	abs. Fehler [bar]	Druck [bar]	abs. Fehler [bar]	Druck [bar]	abs. Fehler [bar]	Druck [V]	[bar]	abs. Fehler [bar]
0									
20									
40									
60									
80									
100									
80									
60									
40									
20									
0									

Auswertung: Ermitteln Sie die maximale Abweichung (Betrag) des jeweiligen Messsystems vom wahren Wert!

Hinweis: Der absolute Fehler muss nicht für jeden Messwert gesondert berechnet werden (Methode scharfes Hinsehen!).



### 3.2. Systematische Fehlerkurve eines "Standard-"Druckmanometers

Als Referenzgerät dient wieder das Feinmessmanometer (Messbereich bis 250 bar). Als Prüfling soll das Manometer 0-100 bar verwendet werden. Normalerweise wird am Referenzgerät ein Druck (z.B. 40 bar) eingestellt (als wahrer Wert angenommen) und der Druck am Prüfling abgelesen.

Da an der Skalierung des Prüflings jedoch Abweichungen unter 1 bar wegen zu grober Skalierung nicht abgelesen werden können, wird wie folgt vorgegangen: Am Prüfling wird ein Druck von z.B. 40 bar eingestellt und der dazugehörige Druck am Referenzgerät abgelesen (z.B. 40,4 bar). Dann wird als absoluter Fehler ermittelt:

$$\text{Messwert} - \text{wahrer Wert} = 40 \text{ bar} - 40,4 \text{ bar} = -0,4 \text{ bar}$$

Da die Fehler stets klein sind, geht in die weitere Untersuchung bei einem Druck von 40 bar ein systematischer Fehler von -0,4 bar ein.

Wertetabelle für Messwerte:

Manometer 0-100 bar [bar]	Feinmessmanometer [bar]	Absoluter Messfehler [bar]
0		
20		
40		
60		
80		
100		
80		
60		
40		
20		
0		

- Auswertung:
- Graphische Darstellung systematischer Fehler (= abs. Fehler) über Druck
  - Be- und Entlastungskurve kennzeichnen
  - Ist die Fehlerklasse 1.0 erfüllt?