

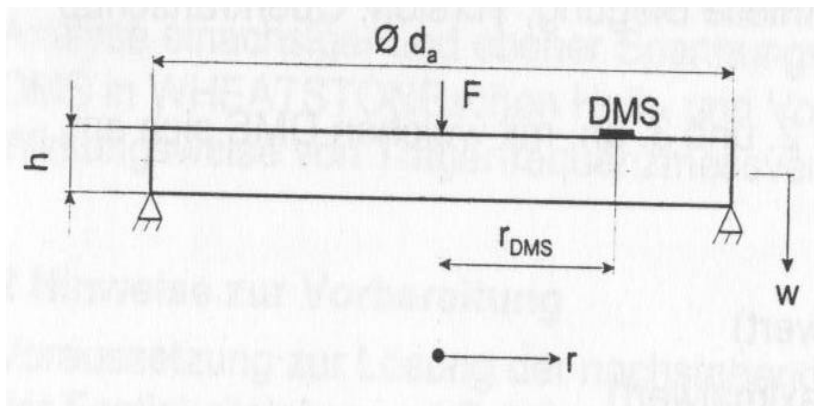
# **Protokoll**

## **Dehnungsmessung: Ebener Spannungszustand**

Praktikumsteilnehmer: ...

## Aufgabenstellung:

Eine Kreisplatte wird im Zentrum mit einer Einzelkraft belastet. Im Abstand  $r_{\text{DMS}}$  soll mit Dehnungsmessstreifen die Dehnung in radialer und tangentialer Richtung in Abhängigkeit von der Belastung gemessen werden.



$$d_a := 166 \text{ mm}$$

$$h := 5.2 \text{ mm}$$

$$E_{\text{Stahl}} := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\nu_{\text{Stahl}} := 0.3$$

$$R := 120 \Omega$$

$$U_{\text{zul}} := 3 \text{ V}$$

$$r_{\text{DMS}} := 49.8 \text{ mm}$$

Bild 1

- Kompensations-DMS auf unbelastetem Rand
- Typ Dehnungsmessstreifen: DMS 1,5/120 XY11

## Durchführung:

### 1. Schaltung:

Zur Messung der radialen und tangentialen Dehnung wurden 2 Halbbrückenschaltungen nach Bild 2 verwendet.

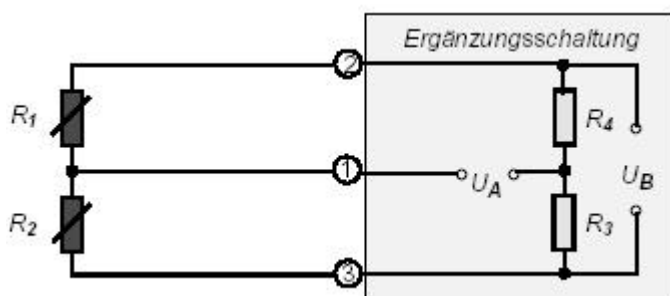
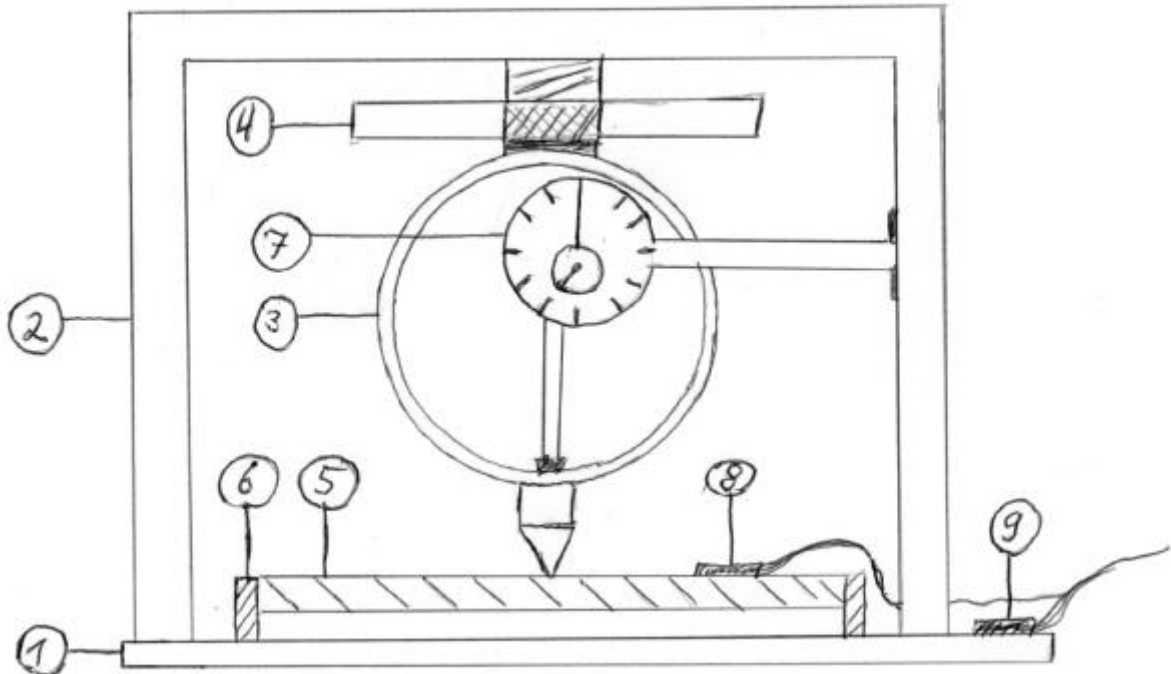


Bild 2

- $R_1$  aktiver DMS
- $R_2$  DMS zur Temperaturkompensator
- $R_3$  interne Widerstände
- $R_4$  interne Widerstände
- $U_A$  Ausgangsspannung
- $U_B$  Eingangsspannung

Die Auswertung und Darstellung der Messsignale erfolgte mit einem Trägerfrequenzmessverstärker

2. Versuchsanordnung :



- 1- Grundplatte
- 2- Gestell (U-Profil)
- 3- Kraftmessbügel
- 4- Stellmutter
- 5- Kreisplatte
- 6- Aufnahme der Kreisplatte
- 7- Messuhr
- 8- aktiver DMS
- 9- DMS zur Temperaturkompensation

Die vorgegebenen Kräfte wurden mittels Kraftmessbügel und Stellmutter erzeugt. Der erforderliche Zustellweg wurde zuvor aus der Kennlinie des Kraftmessbügels bestimmt.

300 N	230 $\mu\text{m}$
700 N	530 $\mu\text{m}$
1100 N	840 $\mu\text{m}$
1300 N	990 $\mu\text{m}$
1500 N	1150 $\mu\text{m}$

### 3. Messung

Nach der Kalibrierung des Trägerfrequenzmessverstärkers wurden folgende Werte ermittelt:

F(N)	$\epsilon_r(\mu\text{m/m})$	$\epsilon_t(\mu\text{m/m})$
300	0,5	31
700	3	72
1100	6	130
1300	8	154
1500	9,5	180

### Auswertung:

$$w(r) = \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot h^3 \cdot 4 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{3 + \nu}{1 + \nu} \cdot r_a^2 \cdot \left( 1 - \frac{r^2}{r_a^2} \right) + 2 \cdot r^2 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) \right]$$

1. Ableitung von  $w(r)$  nach  $r$ :

$$\frac{d}{dr} \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot h^3 \cdot 4 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{3 + \nu}{1 + \nu} \cdot r_a^2 \cdot \left( 1 - \frac{r^2}{r_a^2} \right) + 2 \cdot r^2 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) \right] \Rightarrow \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot [E \cdot (h^3 \cdot \pi)]} \cdot \left[ -2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} \cdot r + 4 \cdot r \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) + 2 \cdot r \right]$$

2. Ableitung von  $w(r)$  nach  $r$ :

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot [E \cdot (h^3 \cdot \pi)]} \cdot \left[ -2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} \cdot r + 4 \cdot r \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) + 2 \cdot r \right] \right] \Rightarrow \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot [E \cdot (h^3 \cdot \pi)]} \cdot \left[ -2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} + 4 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) + 6 \right]$$

Radialdehnung:  $\epsilon_r$  :

$$\epsilon_r := -\frac{h}{2} \cdot \left[ \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot [E \cdot (h^3 \cdot \pi)]} \cdot \left[ -2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} + 4 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) + 6 \right] \right]$$

Tangentialdehnung:  $\epsilon_\tau$  :

$$\epsilon_\tau := \frac{-h}{2 \cdot r} \cdot \left[ \frac{3 \cdot F \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot [E \cdot (h^3 \cdot \pi)]} \cdot \left[ -2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} \cdot r + 4 \cdot r \cdot \ln \left( \frac{r}{r_a} \right) + 2 \cdot r \right] \right]$$

Ergebnisse:

F [N]	$e_r$ [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ] gemessen	$e_r$ [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ] berechnet	$e_t$ [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ] gemessen	$e_t$ [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ] berechnet
300	0,5	6,8	33	30,8
700	3	15,8	80	72
1100	6	24,8	130	113,1
1300	8	29,3	154	133,7
1500	9,5	33,8	180	154,3

F [N]	$s_r$ [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]	$s_t$ [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]
300	3,52	7,23
700	8,21	16,86
1100	12,9	26,5
1300	15,24	31,31
1500	17,59	36,13

### Diskussion der Ergebnisse:

Genau und zuverlässige Messungen mittels DMS-Technik sind nur dann möglich, wenn Messfehler vermieden werden. Das gelingt, wenn man die Vielzahl von Fehlereinflüssen kennt und die empfohlenen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Störeinflüssen genau beachtet.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Kompensation von Temperaturgängen. Dabei ist die Anwendung verschiedener Brückenschaltungen das wichtigste Mittel, um temperaturinduzierte Dehnungen von mechanisch verursachten Dehnungen zu trennen.

Störquelle Fehlerursachen:

- Applikation: Auswahl nicht geeigneter DMS-Typen oder Klebstoffe, schlechte Applikation, kalte Lötstellen, mangelnde Isolation
- Temperatur: keine temperaturkompensierte Brückenschaltung, ungleichmäßige Verteilung, Änderung, große Änderungsgeschwindigkeit
- Anschlusskabel: Kabelwiderstand und Kabelkapazität, Isolation und Abschirmung
- Grenzwerte: Überschreitung der für einen Typ zulässigen Werte für Dehnbarkeit, Temperaturbereich, Schwingspielzahl
- Umgebung: Druck, Vakuum, Feuchtigkeit, Chemikalien, elektrische und magnetische Felder, Strahlung

- Bauteil: Inhomogenitäten, Risse, anisotrope Eigenschaften

Speziell für den durchgeführten Versuch:

- Die gemessenen Werte der Tangentialdehnung stimmen nicht genau mit den berechneten Werten überein. Die Abweichung hat verschiedene Ursachen, auf die unter den gegebenen Voraussetzungen kein Einfluss genommen werden kann. Der Temperatureinfluss wurde durch die Halbbrückenschaltung von einem aktiven und einem passiven Dehnungsmessstreifen kompensiert. Die gemessenen Punkte ergeben eine Gerade, deren Anstieg größer ist als der der berechneten Geraden. Dies deutet auf einen systematischen Fehler hin. Die Ursachen des systematischen Fehlers können bei der Kraftmessung, den geometrischen Abmessungen der Platte oder der Widerstandsmessung mittels WHEATSTONE'scher Brückenschaltung liegen.
- Die Werte der Radialdehnung konnten aufgrund eines Defektes in der Messeinrichtung nicht bestimmt werden, so dass auf gegebene Werte zurückgegriffen werden musste. Diese weichen von den berechneten Werten sehr stark ab. Die erhaltene Gerade führt nicht durch den Ursprung und hat einen deutlich geringeren Anstieg.  
Das Ergebnis ist aus diesem Grund zweifelhaft.