

# MUSTERPROTOKOLL

Am Beispiel des Versuches M 9 zeigen wir Ihnen, wie Sie Ihre Messprotokolle anfertigen sollen :

- **k n a p p**
- **i n f o r m a t i v**
- **s a u b e r**
- **ü b e r s i c h t l i c h**

Vergleichen Sie die Aufgabenstellung mit dem Protokoll !

**Hinweis: Die hier angegebenen Messwerte wurden willkürlich angenommen !**

## Aufgabenstellung von M 9 (laut Anleitung)

- 4.1 Messung des Schneidenabstandes  $l$  (Stahlmaß) und der Seitenlängen des Querschnittes (Messschieber).
- 4.2 Berechnung der Flächenträgheitsmomente  $J_{\text{hoch}}$  und  $J_{\text{quer}}$ .
- 4.3 Messung der Durchbiegung  $s$  als Funktion der Belastung  $F$  sowohl in Hochlage als auch in Querlage.
- 4.4 Grafische Darstellung der Ergebnisse von 4.3 und Ermittlung der Steigungen beider Nullpunktsgerechten aus dem Steigungsdreieck und durch Ausgleichsrechnung.
- 4.5 Berechnung des Elastizitätsmoduls  $E$  nach (3 - 1) für beide Querschnittslagen und Vergleich der Ergebnisse.

## Hinweise zur Aufgabenstellung von M 9 (laut Anweisung am Arbeitsplatz - Auszug)

zu 4.2 : • Berechnung der beiden Flächenträgheitsmomente  $J_{\text{hoch}}$  und  $J_{\text{quer}}$  nach ( 2 - 6 ) sowie der zugehörigen absoluten Fehler  $\Delta J_{\text{hoch}}$  und  $\Delta J_{\text{quer}}$  .

⋮

zu 4.4 : • Beide Ausgleichsgeraden sind ... in einem Diagramm darzustellen.  
• Für beide Querschnittslagen sind die Anstiege  $B_{\text{hoch}}$  und  $B_{\text{quer}}$  ... zu ermitteln ... mittels *Fit Linear* (lineare Regression) mit der Software ORIGIN am PC ... .

⋮

zu 4.5 : • Aus den zu Punkt 4.4 mit ORIGIN ermittelten Anstiegen berechne man  $E$  für beide Querschnittslagen.  
• Man beurteile die Vereinbarkeit von  $E_{\text{hoch}}$  und  $E_{\text{quer}}$  ... .

### Protokoll zu M 9

Versuchsnummer:  <b style="color: blue; font-size: 1.2em;">M 9</b>	HOCHSCHULE FÜR TECHNIK, WIRTSCHAFT UND KULTUR LEIPZIG  <b style="font-size: 1.2em;">Physikalisches Praktikum</b>	Sem.-Gr.: <b style="color: blue;">MB 1</b> Arb.-Gr.: <b style="color: blue;">3</b>
Datum: <b style="color: blue;">08.05.2018</b> Uhrzeit: <b style="color: blue;">9<sup>30</sup></b>	<b style="color: blue; font-size: 1.5em;">BIEGUNG</b>	Protokollant: <b style="color: blue;">Kurz, Ina</b>
Lehrkraft: <b style="color: blue;">Prof. Klug</b>		Mitarbeitende Studenten: <b style="color: blue;">Lang, Uwe</b>
Arbeitsplatz: <span style="color: blue;">—</span> <small>(z. B. rot, blau)</small>	Probe: <b style="color: blue; font-size: 1.2em;">"E"</b>	
Bemerkungen:	Bewertung und Signum:  ..... von ..... Punkten .....	

## 4.1 Abmessungen

- Schneidenabstand:  $l = (200 \pm 1) \text{ mm}$  , Einzelmessung mit Stahlmaß

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{200} = 0,005 \text{ (bzw. 0,5 \%)}$$

- Probe:

Breite  $b = (5,00 \pm 0,05) \text{ mm}$  , Einzelmessung mit Messschieber

Höhe  $h = (7,50 \pm 0,05) \text{ mm}$  , Einzelmessung mit Messschieber

## 4.2 Flächenträgheitsmomente

**Hochlage:**  $J_{\text{hoch}} = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \text{ mm} \cdot (7,5 \text{ mm})^3}{12} = 175,78 \text{ mm}^4$

$$\left| \frac{\Delta J_{\text{hoch}}}{J_{\text{hoch}}} \right| = \left| \frac{\Delta b}{b} \right| + 3 \left| \frac{\Delta h}{h} \right| = \frac{0,05}{5,00} + 3 \frac{0,05}{7,50} = 0,03 \text{ (bzw. 3 \%)}$$

$$\Delta J_{\text{hoch}} = 0,03 \cdot J_{\text{hoch}} = 0,03 \cdot 175,78 \text{ mm}^4 = 5,28 \text{ mm}^4 \approx 6 \text{ mm}^4$$

**somit**  $J_{\text{hoch}} = (176 \pm 6) \text{ mm}^4$

**Querlage:**  $J_{\text{quer}} = \frac{hb^3}{12} = \frac{7,5 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm})^3}{12} = 78,125 \text{ mm}^4$

$$\left| \frac{\Delta J_{\text{quer}}}{J_{\text{quer}}} \right| = \left| \frac{\Delta h}{h} \right| + 3 \left| \frac{\Delta b}{b} \right| = \frac{0,05}{7,50} + 3 \frac{0,05}{5,00} = 0,037 \text{ (bzw. } \approx 4 \text{ \%)}$$

$$\Delta J_{\text{quer}} = 0,037 \cdot J_{\text{quer}} = 0,037 \cdot 78,125 \text{ mm}^4 = 2,89 \text{ mm}^4 \approx 3 \text{ mm}^4$$

**somit**  $J_{\text{quer}} = (78 \pm 3) \text{ mm}^4$

### 4.3 Durchbiegung

Nr.	Hochlage			Querlage		
	$m / g$	$F / N$	$s / mm$	$m / g$	$F / N$	$s / mm$
1	400	11,77	0,055	200	5,89	0,061
2	800	23,54	0,112	400	11,77	0,124
3	1200	35,32	0,161	600	17,66	0,181
4	1600	47,09	0,221	800	23,54	0,245
5	2000	58,86	0,272	1000	29,43	0,307

$m$  - Masse der an der Messapparatur aufgelegten Wägestücke

$F$  - wirksame Kraft in der Mitte der Probe,  $F = 3 \cdot G = 3 \cdot m \cdot g$

$s$  - an der Messuhr abgelesene Durchbiegung der Probe

### 4.4 Ausgleichsrechnung

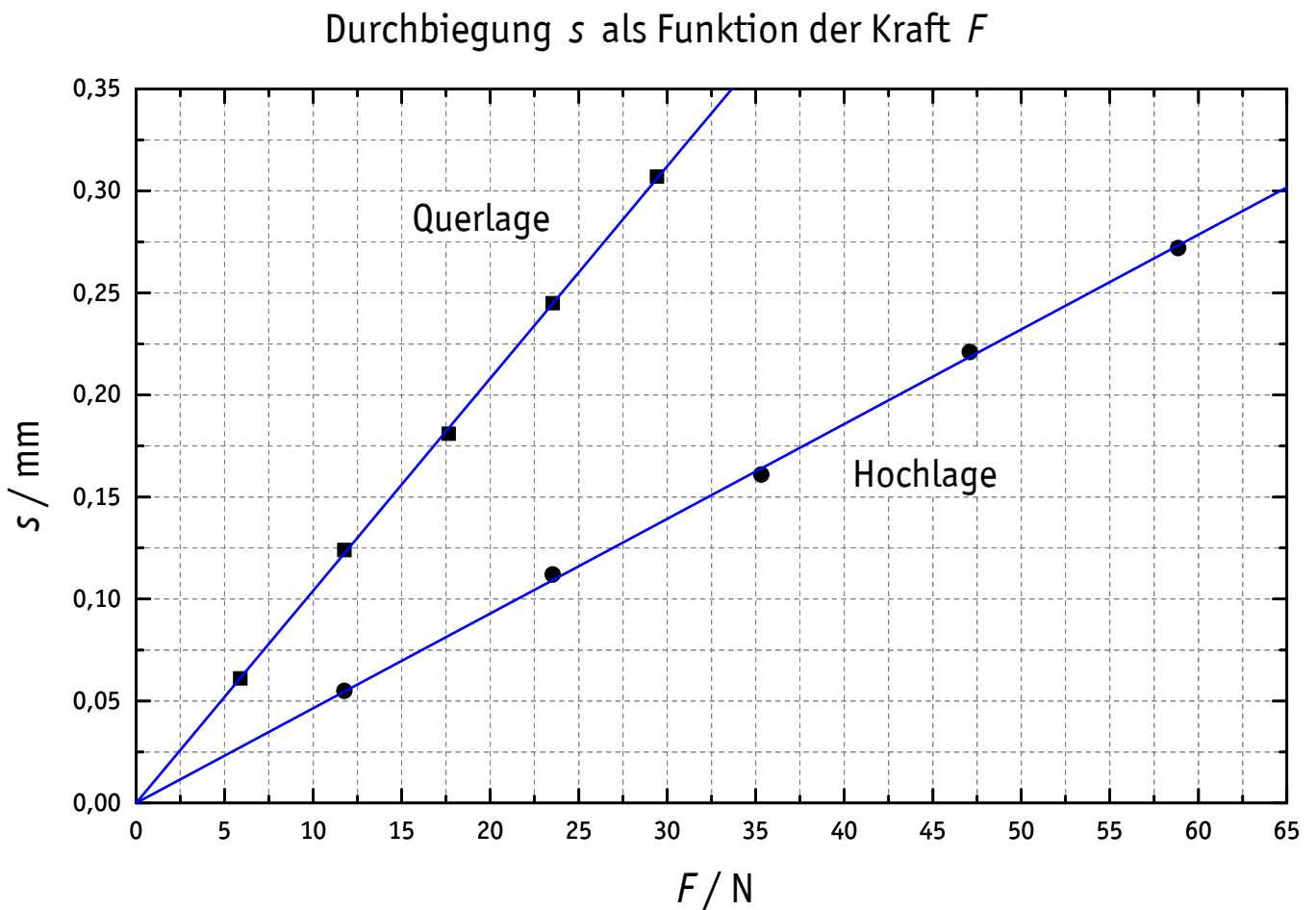
Einspannlage	$B / \frac{mm}{N}$ (aus dem Steigungsdreieck berechnet)	$\bar{B} / \frac{mm}{N}$ (mittels <i>Linear Fit</i> mit <b>ORIGIN</b> berechnet)	$\Delta\bar{B} / \frac{mm}{N}$ (mit <b>ORIGIN</b> berechnet, einschließlich des empirisch ermittelten zusätzlichen Fehlerbeitrages)	$\frac{\Delta\bar{B}}{\bar{B}}$
Hochlage	0,00465	0,004643	0,000088	$0,01896 \approx 0,019$
Querlage	0,0105	0,010401	0,000098	$0,00943 \approx 0,010$

Die Steigungsfaktoren  $B$  der beiden Ausgleichsgeraden wurden aus den Steigungsdreiecken der auf mm-Papier gefertigten Grafiken berechnet.

Die Steigungsfaktoren  $\bar{B}$  und die zugehörigen absoluten Fehler  $\Delta\bar{B}$  wurden mittels *Linear Fit* mit der Software **ORIGIN** ermittelt.

Außerdem beinhalten die angegebenen Fehler  $\Delta\bar{B}$  einen empirisch ermittelten zusätzlichen Fehlerbeitrag in der Größe von  $0,00006 \text{ mm/N}$ , welcher den bei der Längenmessung  $s$  auftretenden systematischen Fehler der verwendeten Messuhr berücksichtigt und der Anweisung am Arbeitsplatz entnommen wurde.

Grafische Darstellung:



## 4.5 Elastizitätsmodul

$$E = \frac{l^3}{48JB} \quad , \quad \left| \frac{\Delta E}{E} \right| = 3 \left| \frac{\Delta l}{l} \right| + \left| \frac{\Delta J}{J} \right| + \left| \frac{\Delta B}{B} \right| \quad .$$

**Hochlage :**

$$E_{\text{hoch}} = \frac{(200 \text{ mm})^3}{48 \cdot 175,8 \text{ mm}^4 \cdot 0,004642 \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 204,2 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\left| \frac{\Delta E_{\text{hoch}}}{E_{\text{hoch}}} \right| = 3 \cdot 0,005 + 0,03 + 0,019 = 0,064 \approx 0,07 \quad (\text{bzw. } 7 \%)$$

$$\Delta E_{\text{hoch}} = 0,064 \cdot 204,2 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 13,07 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \approx 14 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{somit} \quad E_{\text{hoch}} = (204 \pm 14) \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

**Querlage :**

$$E_{\text{quer}} = \frac{(200 \text{ mm})^3}{48 \cdot 78,12 \text{ mm}^4 \cdot 0,01042 \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 204,7 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\left| \frac{\Delta E_{\text{quer}}}{E_{\text{quer}}} \right| = 3 \cdot 0,005 + 0,037 + 0,010 = 0,062 \approx 0,07 \quad (\text{bzw. } 7 \%)$$

$$\Delta E_{\text{quer}} = 0,062 \cdot 204,7 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 12,69 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \approx 13 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{somit} \quad E_{\text{quer}} = (205 \pm 13) \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Die für die Hoch- und Querlage des Probenkörpers ermittelten Elastizitätsmodule  $E_{\text{hoch}}$  und  $E_{\text{quer}}$  stimmen im Rahmen ihrer Messgenauigkeit überein.