

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**

Hinweis: Die hier angegebenen Messwerte wurden willkürlich angenommen !

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

- 4.1 Messung des Schneidenabstandes l (Stahlmaß) und der Seitenlängen des Querschnittes (Messschieber).
- 4.2 Berechnung der beiden Flächenträgheitsmomente J_{hoch} und J_{quer} nach Gl. (2 - 6) sowie der zugehörigen absoluten Fehler ΔJ_{hoch} und ΔJ_{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 Nullpunktsgeraden aus dem Steigungsdreieck und durch Ausgleichsrechnung.
 - Beide Ausgleichsgeraden sind ... in einem Diagramm darzustellen.
 - Für beide Querschnittslagen sind die Anstiege B_{hoch} und B_{quer} ... zu ermitteln ... mittels *Fit Linear* (lineare Regression) mit der Software ORIGIN am PC
- 4.5 Berechnung des Elastizitätsmoduls E nach (3 - 1) für beide Querschnittslagen und Vergleich der Ergebnisse.
 - Aus den zu Punkt 4.4 mit ORIGIN ermittelten Anstiegen berechne man E für beide Querschnittslagen.
 - Man beurteile die Vereinbarkeit von E_{hoch} und E_{quer}

Protokoll zu M 9

Versuchsnummer: M 9	HOCHSCHULE FÜR TECHNIK, WIRTSCHAFT UND KULTUR LEIPZIG Physikalisches Praktikum	Sem.-Gr.: MT 1 Arb.-Gr.: 3
Datum: 14.05.2025 Uhrzeit: 9:30	Thema des Versuches: BIEGUNG	Protokollant: Ina Kurz
Lehrkraft: Prof. Klug		Mitarbeitende Studenten: Uwe Lang
Arbeitsplatz: (z. B. rot, blau)	Probe: "E"	
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: $J_{\text{quer}} = \frac{hb^3}{12} = \frac{7,5 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm})^3}{12} = 78,125 \text{ mm}^4$

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

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

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

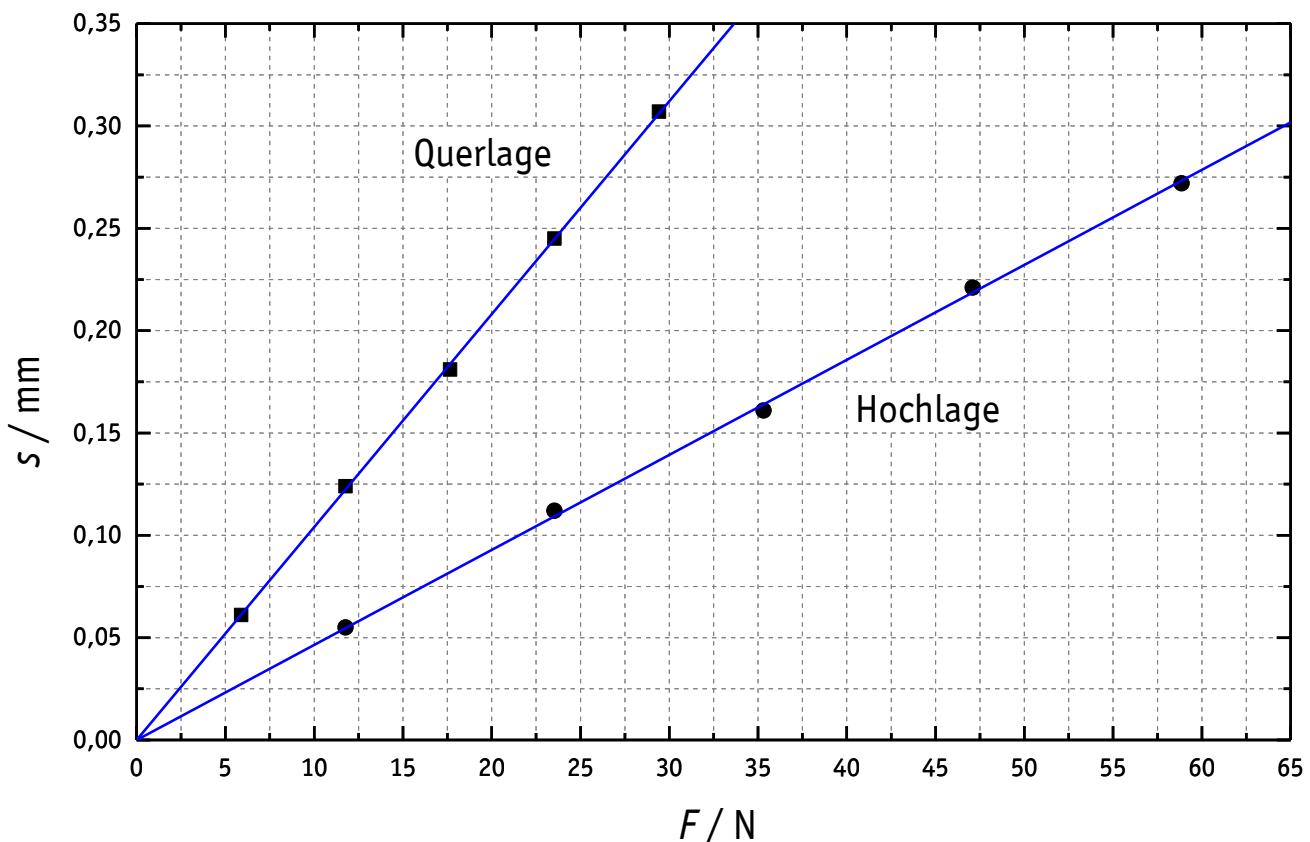
Einspannlage	$B / \frac{\text{mm}}{\text{N}}$	$\bar{B} / \frac{\text{mm}}{\text{N}}$	$\Delta \bar{B} / \frac{\text{mm}}{\text{N}}$	$\frac{\Delta \bar{B}}{\bar{B}}$
Hochlage	0,00465	0,004643	0,000088	$0,01896 \approx 0,019$
Querlage	0,0105	0,010401	0,000098	$0,00943 \approx 0,010$

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 mm/N, welcher den bei der Längenmessung s auftretenden systematischen Fehler der verwendeten Messuhr berücksichtigt und der Anweisung am Arbeitsplatz entnommen wurde.

Grafische Darstellung der Durchbiegung s als Funktion der Kraft F :



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 :

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

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

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

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

Querlage :

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

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

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

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

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