1.ÜBUNG: TRANSVERSALSCHWINGER EIGENFREQUENZ UND EIGENFORM

Name: **Matrikelnummer:**

1. Aufgabenstellung

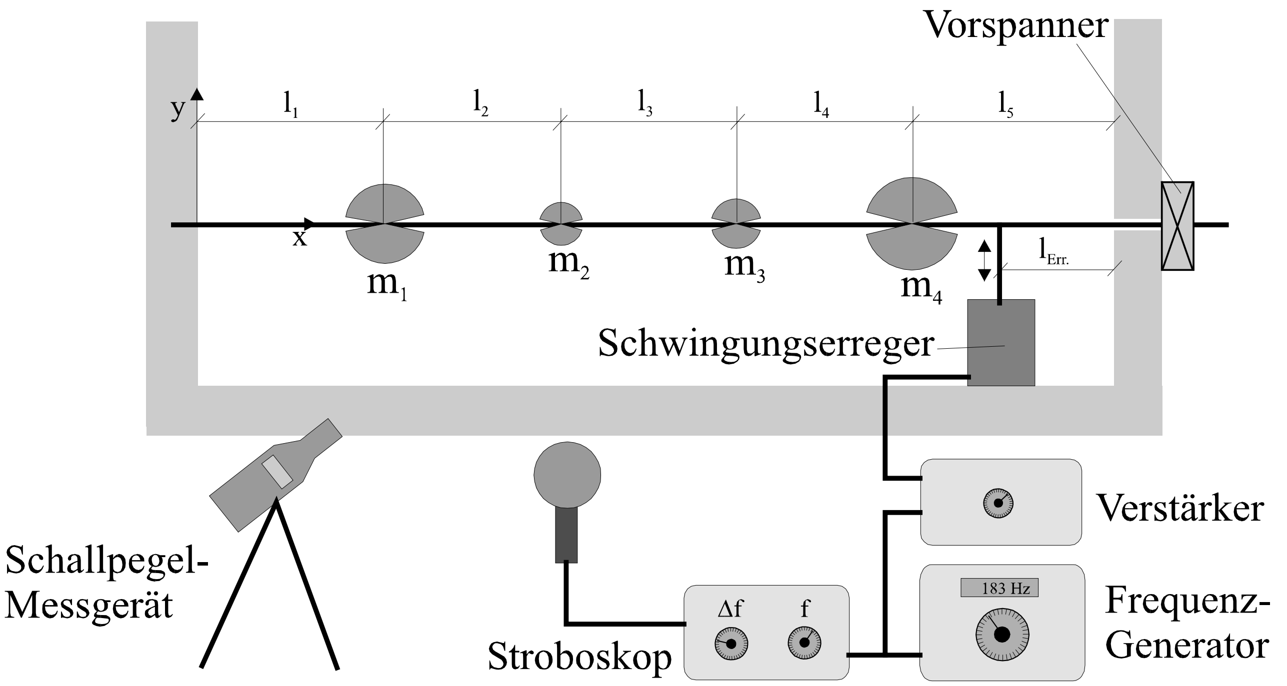
Ausgehend von den vorliegenden Rechenwerten sollen Eigenfrequenzen und Eigenformen eingestellt und

die durch Veränderung der Vorspannung eingetretene Abweichung festgehalten werden.

Zur Darstellung der Abhängigkeit der Frequenz von der Vorspannung ist diese zu verändern und die Abweichung zu vermerken.

Die Zunahme des Luftschalles in Resonanznähe ist zu ermitteln.

2. Meßgeräteanordnung



:

<u>Längen und Massen</u>

l_1 = 0.367 m
l_2 = 0.325 m
l_3 = 0.405 m
l_4 = 0.345 m
l_5 = 0.380 m

l_{Err} = 0.280 m

m_1 = 0.249 kg
m_2 = 0.088 kg
m_3 = 0.173 kg
m_4 = 0.253 kg

<u>Vorspannung</u> (wie markiert):

S = 1440 N (näherungsweise)

3. Ermittlung von Eigenfrequenzen und zugehörigen Eigenformen

3.1 Beginne bei Einstellung 10 Hz und steigere die Frequenz,
optoakustische Suche nach Eigenformen

3.2 Veränderung der Vorspannung um ca. 1/2 Drehung, welche Änderung tritt ein?

3.3 Veränderung der Masse m_2, welche Änderung tritt ein?

Vorspannung (Masse m_2 var.)	Frequenz		Knoten	Eigenform	Schallpegel [dB] lin	
	gerechnet	**gemessen**			vor Max	Diff zu Max
					hier nicht sinnvoll (::☺)	

Holzer - Tabelle mit Ergebnis für die 4. Eigenform: (EF beispielhaft)

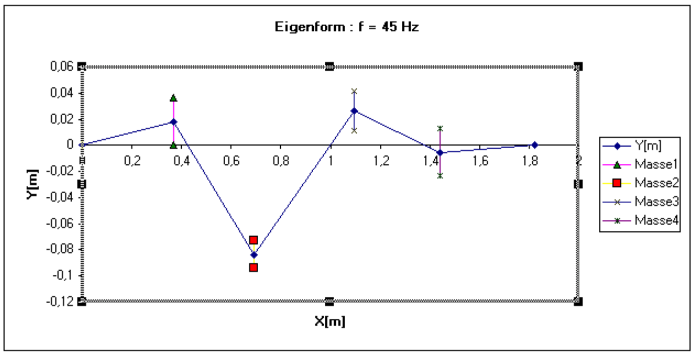
<u>Ergebnisse bei markierter Einstellung: (entspricht einer Vorspannung von ca.1450 N)</u>

f_1 = 15.00 Hz, f_2 = 24.64 Hz, f_3 = 36.71 Hz, f_4 = 53.97 Hz

Eigenform : f = 45 Hz	
f[Hz]=	45
Ω[rad/s]=	282,7433388

Vorspannung	
S[N]=	1002,366548

Scheibendaten	
Breite[m]=	0,0342
ρ [kg/m³]=	7850



Position	X[m]	Y[m]	D[m]	m[kg]	Ω²mY	Q₀−ΣΩ²mY	l[m]	c=S/l[N/m]	Q/c
Links	0	0				50	0,367	2731,243999	0,018306676
Masse1	0,367	0,018306676	0,0362	0,24868254	363,9481894	-313,9481894	0,325	3084,204762	-0,101792265
Masse2	0,692	-0,083485589	0,0215	0,087721303	-585,4655602	271,5173707	0,405	2474,97913	0,109704913
Masse3	1,097	0,026219324	0,0302	0,173078068	362,7841455	-91,26677478	0,345	2905,410283	-0,031412698
Masse4	1,442	-0,005193373	0,0365	0,252821429	-104,9658898	13,69911504	0,38	2637,806704	0,005193373
Rechts	1,822	7,0343E-15							

3.4 Stelle die mit der gewählten Einstellung berechneteten Eigenformen dar (zB mit **Excel**).

3.5 Wie wirkt sich eine Änderung der Vorspannung in der Berechnung aus?

3.6 Wie wirkt sich ein Veränderung der Masse(n) aus?

4. Schlußfolgerungen:

Wie kann Resonanz vermieden werden?

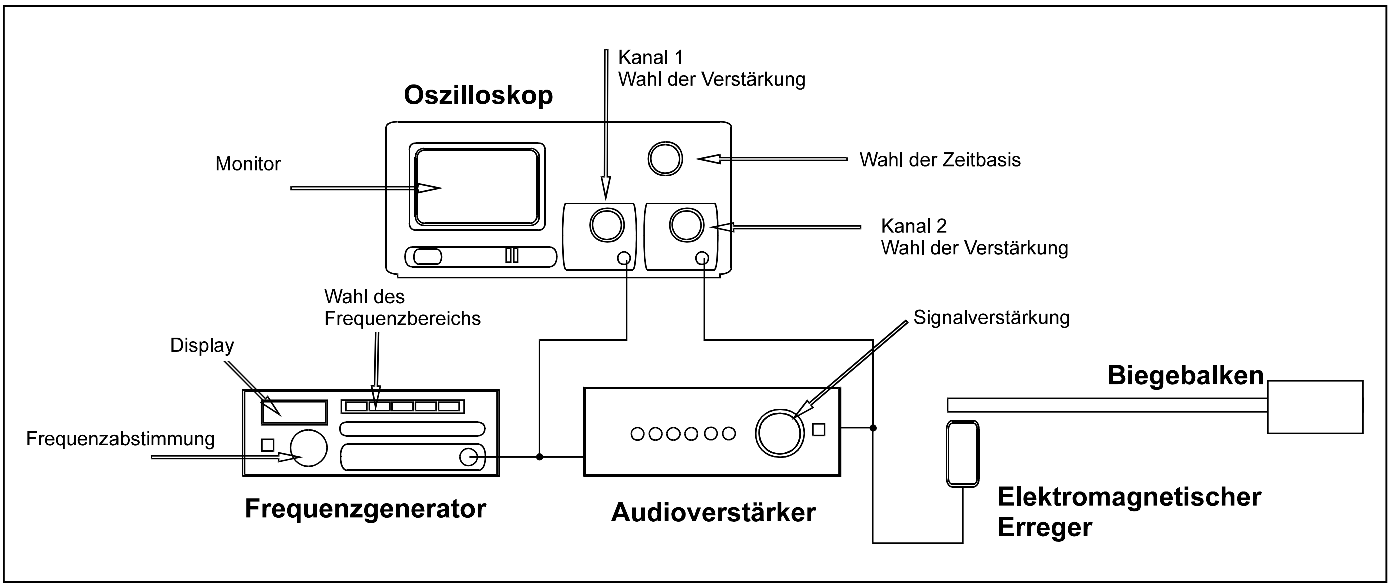
3. Turbinenschaufelschwingung am Modell eines einseitig eingespannten Balken. Bestimmung von Resonanzfrequenz und Eigenformen

NAME: **Matrikelnummer:**

1. AUFGABENSTELLUNG:

- Experimentelles Auffinden der ersten drei Resonanzfrequenzen eines einseitig eingespannten Balkens bei gegebener Anregungsrichtung
- Bestimmung der dazugehörenden Eigenformen durch Sichtbarmachen der Knotenlinien

2. MESSAUFBAU:



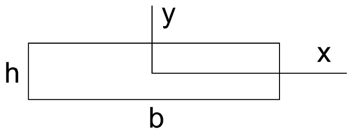
Daten des Balkens: Länge 201 mm
Breite 33 mm
Höhe 4,6 mm
Elastizitätsmodul: 212.10^9 N/m^2 (St52)
Dichte: 7850 kg/m^3 (St52)

3. BERECHNUNGEN:

- Flächenträgheitsmomente

$$J_x = \frac{b.h^3}{12} =$$

$$J_y = \frac{h.b^3}{12} =$$



- Resonanzfrequenzen der Biegeschwingungen des einseitig eingespannten Balkens (in Hz anzugeben)

$$2\pi\ f_n = \left(\frac{k_n}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{E.J}{\rho.F}}$$

für

k_1=1,875
k_2=4,694
k_3=7,854

		kleines Trägheitsmoment	großes Trägheitsmoment
$f_{1,Biege}$	Hz		
$f_{2,Biege}$	Hz		
$f_{3,Biege}$	Hz		

- Mittels FE- Analyse erhaltene Resonanzfrequenzen :

		Frequenz	Schwingungsform (Biege, Torsion)
f_1	Hz		
f_2	Hz		
f_3	Hz		
f_4	Hz		
f_5	Hz		
f_6	Hz		
f_7	Hz		

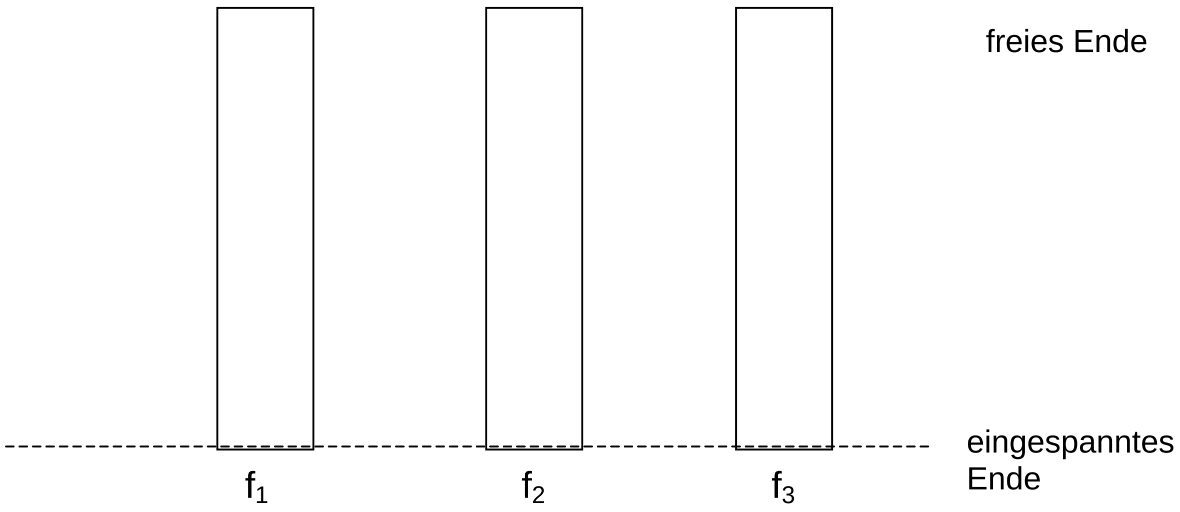
MESSUNG

- ermittelte Resonanzfrequenzen:

		1	2	3	4	5	6	7	8	10
f_1	Hz									
f_2	Hz									
f_3	Hz									

		Mittel	statistischer Fehler	Gerätefehler in diesem Meßbereich
f_1	Hz			
f_2	Hz			
f_3	Hz			

- ermittelte Schwingungseigenformen (Knotenlinien):



Bezeichnung:
(Biege/Torsion)

- mittels Laservibrometer und Fourieranalysator erhaltenes Schwingungsspektrum

4. ERKENNTNISSE:

- Welche Resonanzfrequenzen (Schwingungsformen) konnten nicht angeregt werden und warum?

- Was ist bei der punktweisen Ermittlung der Resonanzfrequenzen (z.B. mittels Laservibrometer oder piezoelektrischen Pick-Ups) zu beachten?

2.ÜBUNG: Biegeschwingungen rotierender Wellen
Zustandsüberwachung (Vibration / Health Monitoring) & Auswuchten

NAME: **Matrikelnummer:**

1. AUFGABENSTELLUNG:

- Experimentelles Ermitteln der Eigenfrequenz ω der Turbinenwelle und Vergleich mit der Simulation
- Bestimmen der Winkellage der Unwuchterregung und Auswuchten der Welle durch Setzen einer Gegenunwucht (Simulation und am Modell)

2. BERECHNUNGEN + SIMULATIONEN:

- Schätzwert für die 1. Eigenfrequenz

Daten:

Scheibenmassen:	$m_1 = 2.047$ kg
	$m_2 = 2.577$ kg
Summe:	$m = m_1 + m_2 = 4.624$ kg
E-Modul:	$E=2.1 \cdot 10^{11}$ N/m^2
Wellendurchmesser:	$d=0.015$ m
Abstand Lager 1 – Scheibe:	$a=0.326$ m
Abstand Scheibe – Lager 2:	$b=0.359$ m

Flächenmoment: $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$ =....................................... m^4

Biegesteifigkeit der Welle: $c = \frac{3EI \cdot (a+b)}{a^2 b^2}$ = ...N/m

Näherung für die 1. Eigenfrequenz: $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ =..rad/s

(das entspricht der Drehzahl von: n_1=..U/min)

- Eigenfrequenz der Computersimulation:

ω_1=......................rad/s n_1= ....U/min
ω_2=......................rad/s n_1= ....U/min

- Fourierspektrum der Computersimulation => s. Anhang
- Orbit + Polardiagramme der Computersimulation (vor/nach Anbringen einer Gegenunwucht) => s. Anhang

Die Gegenunwucht wurde bei einer Winkellage von ε = ...° angebracht.

Die Gegenunwucht entsprach einer Exzentrizität von e = ...m.

3. MESSUNGEN:

- Gemessene Eigenfrequenz: $\omega_{Meß}$=........................rad/s $n_{meß}$= ....U/min
- Fourierspektrum des Meßsignals => s. Anhang
- Gemessene Polardiagramme (vor/nach Anbringen einer Gegenunwucht) => s. Anhang

  Die Wuchtgewichte wurden bei einer Winkellage von ε_1 = ...°

  ε_2 = ...°

  ε_3 = ...°

  angebra

4. ERKENNTNISSE:

- Wie groß (in %) waren die Unterschiede der rechnerisch ermittelten Eigenfrequenzen (Schätzwert, Computersimulation) zur Messung und welche Gründe kann man dafür angeben?

- Wie gut gelang das Auswuchten im Experiment und wie gut in der Computersimulation, und welche Schwierigkeiten traten dabei auf?