

1 Korrektur der Fehlerrechnung für E:

$$E = 16 \frac{M \cdot f^2 \cdot L}{\pi \cdot D^2} \quad (1)$$

mit den Fehlern:

$$\sigma_E = \sqrt{(2 \cdot \frac{\sigma_f}{f})^2 + (\frac{\sigma_M}{M})^2 + (\frac{\sigma_L}{L})^2 + (2 \cdot \frac{\sigma_D}{D})^2} \cdot E \quad (2)$$

Tabelle 1: Ergebnisse der Elastizitätsmodule mit Fehler

	Stange 1	Stange 2	Stange 3	Stange 4
E in GPa	126.5	209.9	190.1	103.7
σ_E in GPa	0.1	0.2	0.2	0.1

2 Schwebung

Wenn man die D-Saite verstimmt, ist beim Anschlagen der D-Saite leer und der A-Saite im 5. Bund eine Schwebung hörbar.

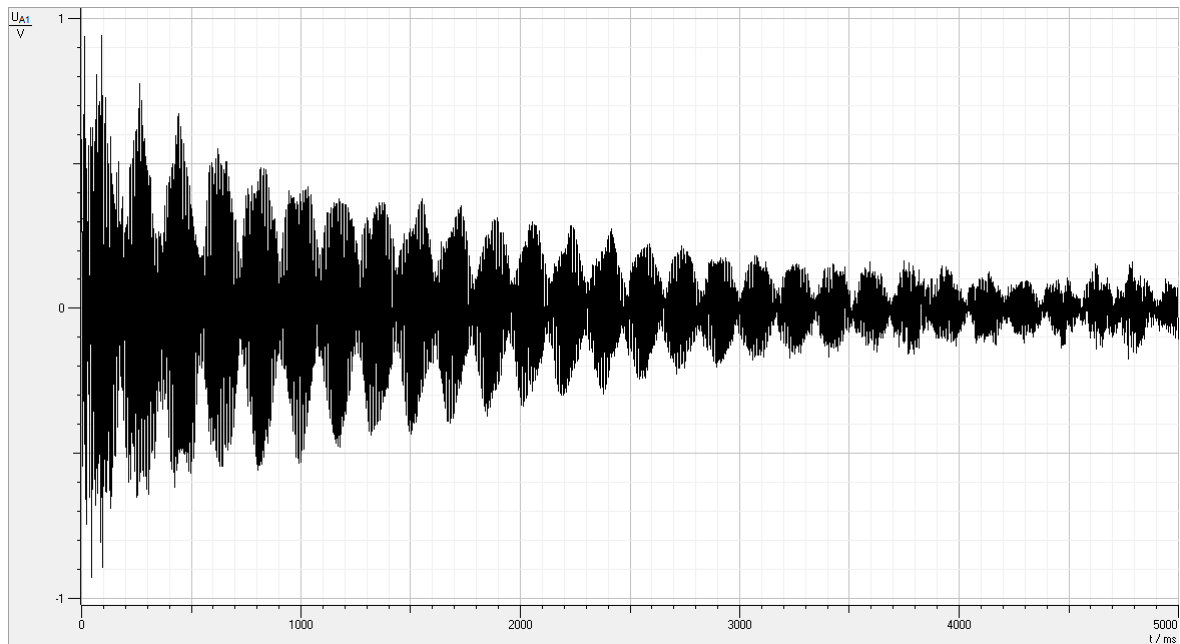


Abbildung 1: Gesamte Schwebung

Die Frequenz dieser Schwebung wird im Folgenden sowohl durch eine Fast-Fourier-Transformation als auch durch Ablesen der Plots bestimmt werden.

2.1 Bestimmung der Schwebungsfrequenz durch FFT

Transformiert man die Schwingung in den Frequenzraum, werden 2 Peaks deutlich. Die kleinere so bestimmte Frequenz bezeichnen wir hier mit f_- die größere mit f_+ .

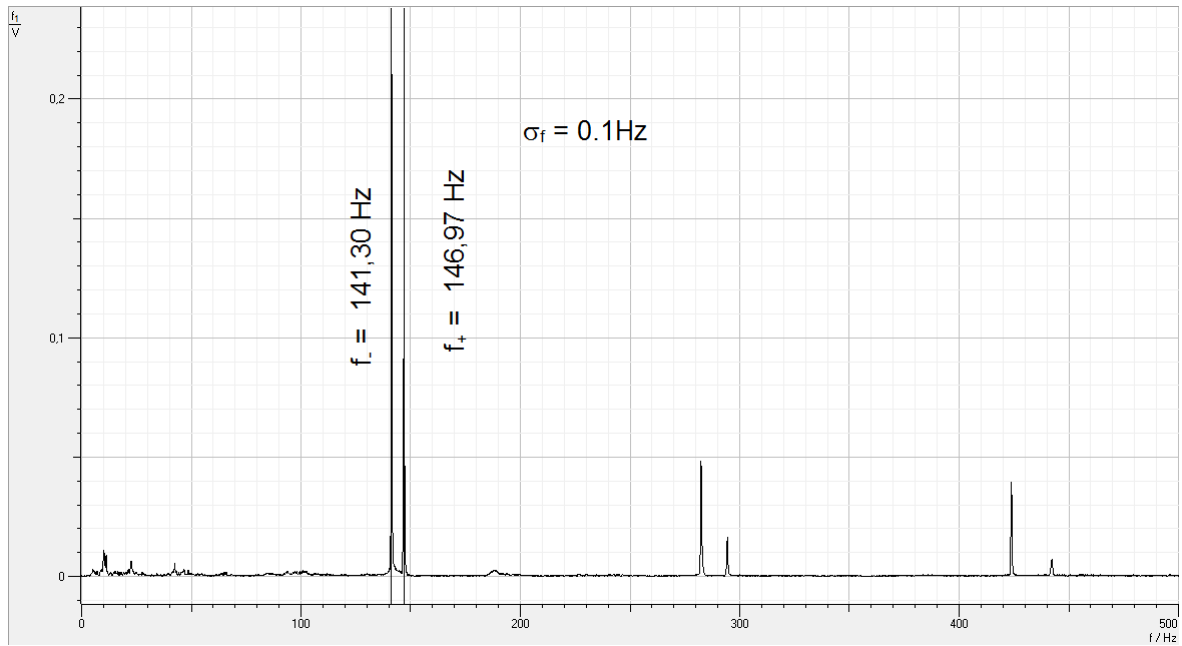


Abbildung 2: Bestimmung der Schwebungsfrequenz durch FFT

$$f_- = 141.3 \text{ Hz}, \quad f_+ = 147.0 \text{ Hz} \quad (3)$$

Den Fehler für die FFT haben wir als Ablesefehler zu $\sigma_f = 0.1 \text{ Hz}$ bestimmt.
Mittels

$$f_{res} = \frac{f_+ + f_-}{2} \quad (4)$$

$$f_{sch} = \frac{f_+ - f_-}{2} \quad (5)$$

$$\sigma_{f_{res}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_f = \sigma_{f_{sch}} \quad (6)$$

können daraus die resultierende(res) Frequenz und die Schwebungsfrequenz(sch) und deren Fehler mittels Fehlerfortpflanzung bestimmt werden:

$$f_{res} = 144.15 \pm 0.07 \text{ Hz} \quad (7)$$

$$f_{sch} = 2.85 \pm 0.07 \text{ Hz} \quad (8)$$

2.2 Bestimmung der Schwebungsfrequenz durch Ablesen

Die resultierende Frequenz und die Schwebungsfrequenz können alternativ auch durch Ablesen der Nullstellen bestimmt werden. Dabei gilt:

$$f = \frac{n}{t_e - t_a}. \quad (9)$$

$$\sigma_f = \frac{\sqrt{2} n \sigma_t}{(t_e - t_a)^2} \quad (10)$$

Mit der Anzahl der Perioden n , t_a der Zeit eines möglichst frühen Nulldurchlaufs und t_e der Zeit eines möglichst späten Nulldurchlaufs.

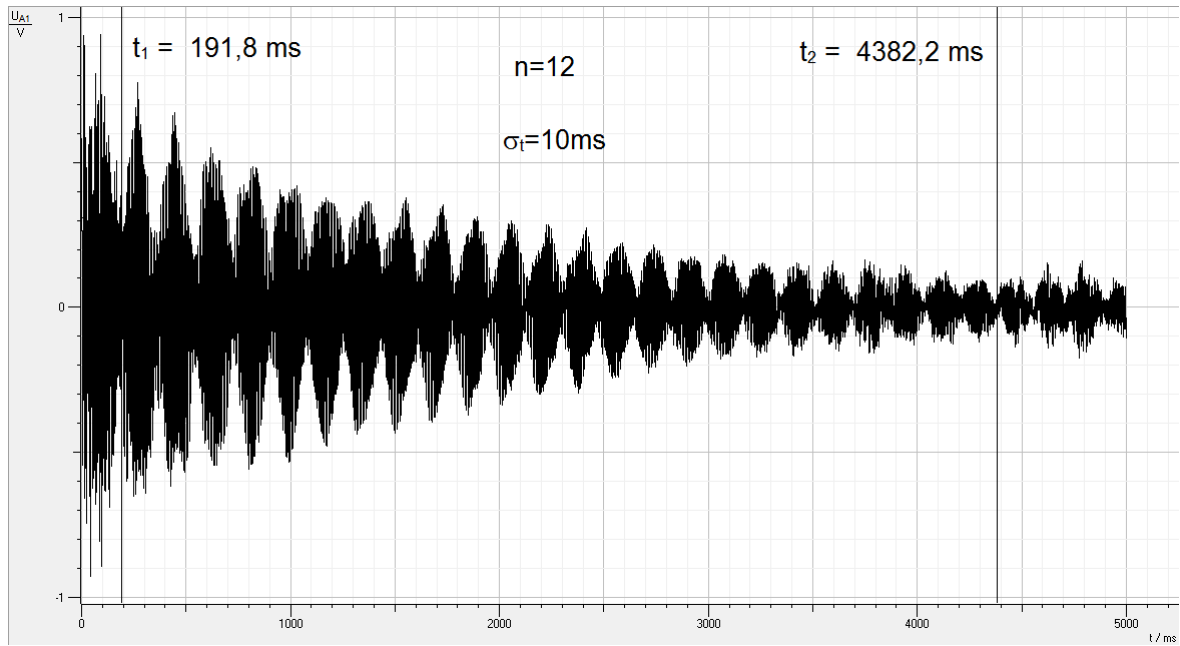


Abbildung 3: Frequenzmessung der Schwebungsfrequenz

Der Fehler von $\sigma_t = 10ms$ auf die Zeit wurde hier aufgrund der Unschärfe des Plots abgeschätzt. Daraus folgt direkt

$$f_{sch} = 2.86 \pm 0.01 Hz. \quad (11)$$

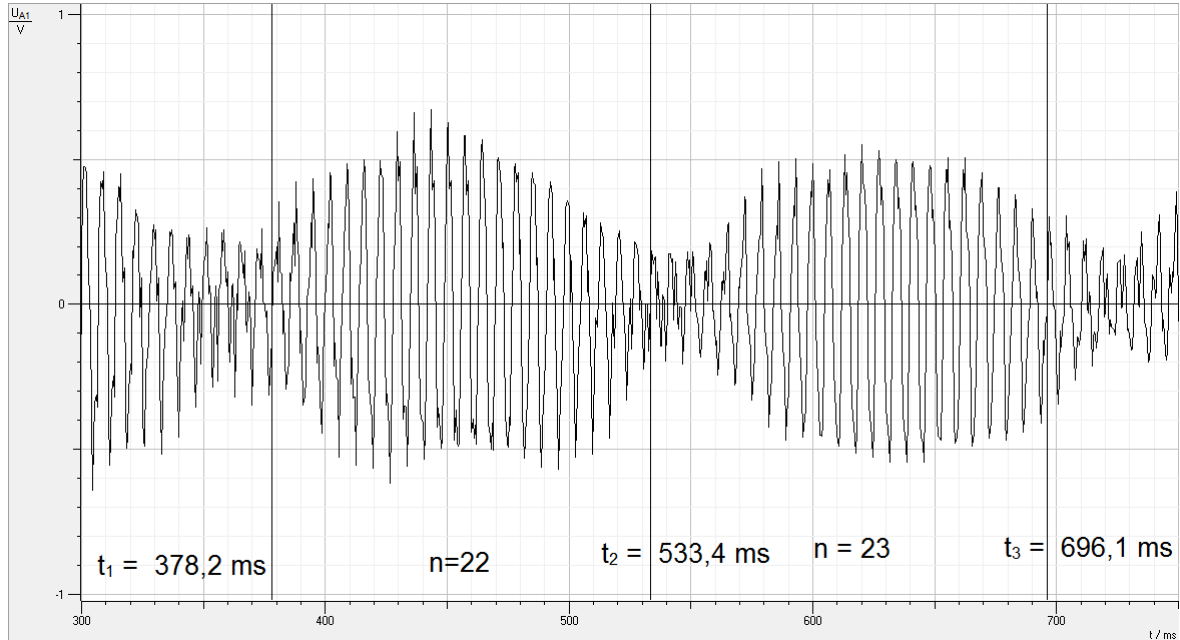


Abbildung 4: Frequenzmessung der Resultierenden

Aufgrund der Auflösung des Plots wurde der Fehler auf die Zeit auf $\sigma_t = 1ms$ abgeschätzt.

$$f_{res} = 141.55 \pm 0.63 Hz. \quad (12)$$

2.3 Fazit

Tabelle 2: Ergebnis

	FFT	Ablesen
f_{res}	$144.15 \pm 0.07 Hz$	$141.55 \pm 0.63 Hz$
f_{sch}	$2.85 \pm 0.07 Hz$	$2.86 \pm 0.01 Hz$

Die Frequenzen der resultierenden weichen mit 3.71σ voneinander ab wenn man beide Fehler kombiniert. Dass diese Werte voneinander Abweichen lässt sich dadurch erklären, dass die Nulldurchgänge aus einem sehr undeutlichen Plot abzulesen waren. Bei der Frequenzmessung der Resultierenden beispielsweise liegen die vermeintlichen Nullpunkte fast auf demselben Zeitpunkt wie die Maxima.

Die Frequenzen der Schwebung sind innerhalb von einem σ miteinander verträglich.