Versuch 11 Einführungsversuch

① Federkonstante bestimmen

$m\ddot{x} = -Dx \Rightarrow x(t) = x_0 \cos(\omega t)$ $\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$ $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{D}{m}}$

$T^2 = \frac{4\pi^2}{D} m \Rightarrow y = ax+b$ $x = m$, $y = T^2$ $a = 4\pi^2/D$, $b = 0$ $\Rightarrow D = \frac{4\pi^2}{a}$

② Erdbeschleunigung: Ruhelage: $mg = Dx \Leftrightarrow g = \frac{Dx}{m} \Leftrightarrow x = \frac{g}{D} m$ $a' := \frac{g}{D}$

$\Rightarrow g = D \cdot a'$

Messprotokoll

bei Maximalauslenkung

m = 200g, Anzahl Schwingungen = 3

Nr.	Messzeit t[s]	Periodendauer T[s]	Mittelwert $\bar{T}$[s]	$\sigma_{\bar{T}}$[s]
1	4.80	1.60		
2	4.82	1.61		
3	4.84	1.61	$\bar{T}_2 = 1.6055$	~~0.01024~~ 0.00342
4	4.81	1.60		
5	4.78	1.59		
6	4.81	1.60		
7	4.78	1.59		
8	4.87	1.62		
9	4.82	1.61		
10	4.86	1.62		

$\sigma_2 = 0.01080$ (Standardabweichung der Einzelmessung)

bei Nulldurchgang

Nr.	Messzeit t[s]	Periodendauer T[s]	Mittelwert $\bar{T}$[s]	$\sigma_{\bar{T}}$[s]
1	5.18	1.73		
2	4.32	1.44		
3	4.10	1.36	$\bar{T}_1 = 1.4345$	~~0.1015~~ 0.03384
4	4.15	1.38		
5	4.24	1.41		
6	4.17	1.39		
7	4.23	1.41		
8	4.18	1.39		
9	4.18	1.39		
10	4.31	1.44		

$\sigma_1 = 0.10700$ (Standardabweichung der Einzelmessung)

$\sigma_2 < \sigma_1$

$\sigma_{\bar{T}_2} < \sigma_{\bar{T}_1}$

Messung der Federkonstante: Anzahl Schwingungen = 3

m[g]	Nr.	Messzeit t[s]	Periodendauer T[s]	Mittelwert $\bar{T}$[s]	$\sigma_{\bar{T}}$[s]
50	1	2.73 (0.91)	0.91		
	2	2.68 (0.89)	~~0.900~~ 0.89	0.90	~~0.00943~~ 0.00707
	3	2.72 (0.91)	0.91		
100	1	3.54 (1.18)	1.18		
	2	3.67 (1.22)	~~1.20~~ 1.22	1.20	~~0.01700~~ 0.01225
	3	3.58 (1.19)	1.19		
150	1	4.34 (1.45)	1.45		0.00408
	2	4.37 (1.46)	~~1.45~~ 1.46	1.45	~~0.00477~~
	3	4.36 (1.45)	1.45		

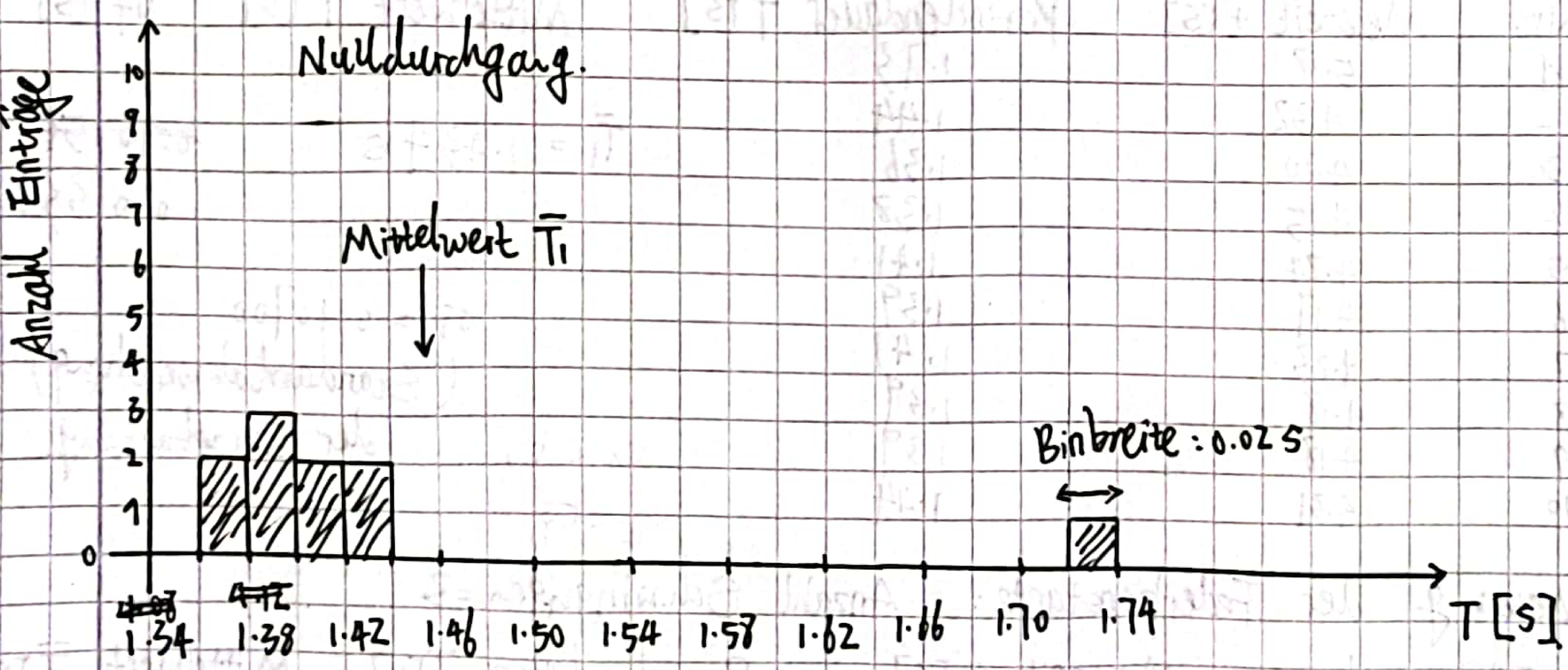
	1	4.81 (1.60)		1.60		
200	2	4.84 (1.61)	~~1.61~~	1.61	1.61	~~0.0081~~ 0.0057
	3	4.87 (1.62)		1.62		
	1	5.32 (1.77)		1.77		0.0816
250	2	5.37 (1.79)	~~1.77~~	1.79	1.77	~~0.0945~~
	3	5.32 (1.77)		1.77		

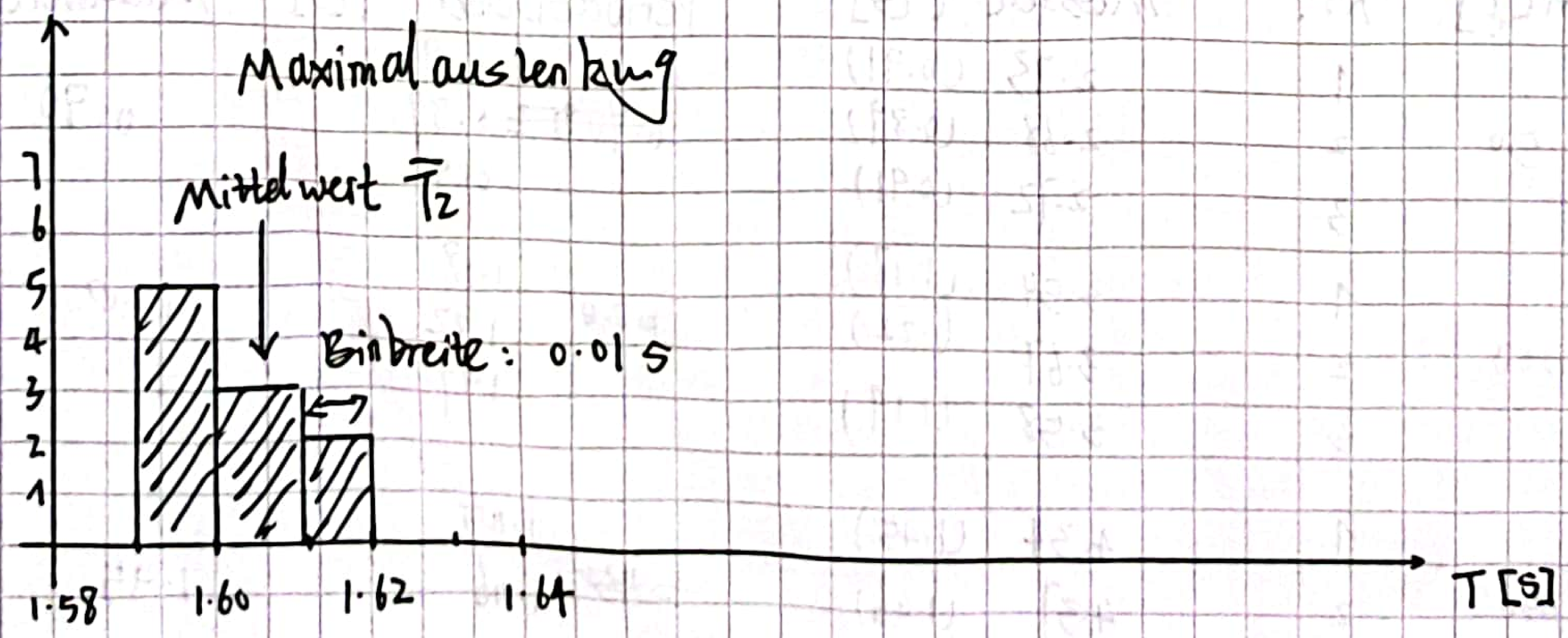
Ablesegenauigkeit der Stoppuhr: 10ms (Messung bei Maximalauslenkung)

Messung Erdbeschleunigung:

Δm [g]	Auslenkung x [mm]	Ablesefehler Δx [mm]
0 g	30 (Anfangslänge)	
50	204 - 30 = 174	2
100	369.5 - 30 = 339.5	3
150	534 - 30 = 504	1
200	695 - 30 = 665	3
250	853.1 - 30 = 823.1	2

Histogramm Messreihe





Wir sehen, dass die Messung bei Nulldurchgang weiter streut als bei Maximalauslenkung. Zudem kann man erahnen, dass bei einer längeren Versuchreihe die Diagramme einer Gaußverteilung näher kommen da es sich um unabhängige Messungen handelt.

$\sigma_2 < \sigma_1$, $\sigma_{\bar{T}_2} < \sigma_{\bar{T}_1}$, bei Maximalauslenkung ist es dann besser.

Wir führen dann das weitere Experiment bei Maximalauslenkung.

Fehlerrechnung für T^2: (Fehlerfortpflanzung)

Lineare Nährung.

$\Delta(T^2) = 2T\,\Delta T$

m [g]	T	T^2	ΔT	$\Delta(T^2)$
50	0.90	0.81	0.16	0.29
100	1.20	1.44	0.16	0.38
150	1.45	2.10	0.16	0.46
200	1.61	2.59	0.16	0.52
250	1.77	3.13	0.16	0.57

$\Rightarrow$

m [g]	T^2 [s^2]
50	0.81 ± 0.29
100	1.44 ± 0.38
150	2.10 ± 0.46
200	2.59 ± 0.52
250	3.13 ± 0.57

Diagramm 1: Bestimmung Federkonstante

Diagramm 2: Bestimmung Erdbeschleunigung.

Auflösung T^2-Achse : 0.015 s^2 Diagramm 1

Steigung der Ausgleichsgeraden:

$a_{Ausgleich} = \frac{\Delta T^2}{\Delta m} = \frac{0.705}{55.03} = 0.0128\ s^2/g$

Steigung der Fehlergeraden:

$a_{Fehler} = \frac{\Delta T^2}{\Delta m} = \frac{3.18}{200} = 0.0159\ s^2/g$

$\Delta a = |a_{Aus} - a_{Fehl}| = 0.0031\ s^2/g$

$a = a_{Aus} \pm \Delta a = (0.0128 \pm 0.0031)\ s^2/g = (12.8 \pm 3.1)\ s^2/kg$

$D = \frac{4\pi^2}{a} \Rightarrow D = 3.08\ kg/s^2$

$\Delta D = \Delta\left(\frac{4\pi^2}{a}\right) = \frac{4\pi^2}{a^2}\Delta a = 0.746\ kg/s^2$

Diagramm 2

Bestimmung Erdbeschleunigung:

$g = D \cdot a'$ (sehen am Anfang)

$= 3.26\ mm/g \cdot 3.08\ kg/s^2$

$= 10.0408\ m/s^2$

Da hier kein weiterer relevanter Fehler hinzukam gilt. für den gesammten Fehler:

$\Delta g = \Delta(D \cdot a') = \Delta D \cdot a' = 0.746\ kg/s^2 \cdot 3.26\ mm/g$

$= 2.43196\ m/s^2$

nach unserer Messung:

$g = (10.0408 \pm 2.4320)\ m/s^2$.

Der Wert in Heidelberg von $g = 9.80984\ m/s^2$ Liegt perfekt in unserer Messung.

Somit haben wir ein Federpendel die über Erdbeschleunigung bestimmt.

$a' := k = \frac{516}{158.3} = 3.26\ mm/g = \frac{g}{D}$ — g → Erdbeschleunigung, D → Federkonstante.