

M23 – Gekoppelte Pendel

Protokoll zum Versuch des Physikalischen Praktikums I

von

Julian Molt & Valentin Stopper

Universität Stuttgart

Verfasser: Julian Molt (Physik),
 3803097

 Valentin Stopper (Physik),
 3774391

Gruppennummer: A-016

Versuchsdatum: 24.09.2025

Betreuerin: Lara Zaiser

Stuttgart, den 25. September 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziel	1
2	Grundlagen	1
3	Messprinzip	1
4	Formeln	2
5	Messwerte	2
5.1	40 cm	2
5.2	55 cm	3
5.3	70 cm	4
6	Auswertung	5
7	Fehlerrechnung	10
8	Zusammenfassung	10
9	Literatur	10
10	Anhang	10

1 Versuchsziel und Versuchsmethode

2 Grundlagen

3 Messprinzip mit Skizze und Versuchsablauf



Abbildung 1: Aufbau der Pendel, die hier bei $\ell_{\text{H}} = 70 \text{ cm}$ gekoppelt sind.

4 Formeln

5 Messwerte

Parameter	Pendel 1	Pendel 2
Masse des Pendelkörpers m / kg	$176,97 \cdot 10^{-3}$	$174,95 \cdot 10^{-3}$
Masse des Hakens m_H / kg	$16,06 \cdot 10^{-3}$	$15,80 \cdot 10^{-3}$
Masse der Stange	$131,40 \cdot 10^{-3}$	$131,27 \cdot 10^{-3}$
L / kg	0,804	0,800
ℓ_H / m	0,4	0,4
L_{St} / m	0,87	0,87

Tabelle 1: Ungekoppelter gleichsinniger Fall

5.1 40 cm

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	1,4	35,5
2	1,3	35,4

Tabelle 2: Ungekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	0,9	34,8
2	0,8	34,8

Tabelle 3: Gekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	0,4	33,3
2	1,2	34,1

Tabelle 4: Gekoppelter gegensinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s
1	0,0	52,4	105,8	160,0	211,6
2	25,4	79,5	132,9	185,3	237,8

Tabelle 5: Schwebungsfall

5.2 55 cm

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	0,8	35,0
2	0,8	34,8

Tabelle 6: Ungekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	0,5	34,5
2	0,5	34,5

Tabelle 7: Gekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	1,4	33,6
2	0,6	32,9

Tabelle 8: Gekoppelter gegensinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s
1	14,8	44,9	74,6	105,2	134,8
2	0,0	29,5	60,2	89,8	119,6

Tabelle 9: Schwebungsfall

5.3 70 cm

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	1,5	35,8
2	1,5	35,7

Tabelle 10: Ungekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	0,5	34,7
2	0,5	34,7

Tabelle 11: Gekoppelter gleichsinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s
1	1,5	33,0
2	0,7	32,2

Tabelle 12: Gekoppelter gegensinniger Fall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s
1	0,0	18,1	38,7	58,3	77,8
2	9,0	29,5	49,0	68,6	88,3

Tabelle 13: Schwebungsfall

Pendel	t_0 / s	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s
1	6,2	26,7	47,1	66,9	85,6
2	16,4	36,9	57,3	77,1	97,4

Tabelle 14: Schwebungsfall für unterschiedlich ausgelenkte Massen

6 Auswertung

T_0 berechnet sich aus den Daten, die in Tabelle 2 eingetragen sind durch

$$T_0 = \frac{t_1 - t_0}{20}, \quad (6.1)$$

da zwischen t_0 und t_1 20 Perioden durchlaufen wurden. Damit ergibt sich für Pendel 1

$$T_{0,1} = \frac{35,5 \text{ s} - 1,4 \text{ s}}{20} = 1,7 \text{ s} \quad (6.2)$$

und für Pendel 2 analog ebenfalls $T_{0,2} = 1,7 \text{ s}$.

Für den Kopplungsgrad mit $\ell_H = 40 \text{ cm}$ ergeben sich folgende Periodendauern.

Periodendauer	Links	Rechts	Mittel
T_{gl}	1,7 s	1,7 s	1,7 s
T_{geg}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{II}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{S}	52,9 s	53,1 s	53,0 s

Tabelle 15: Periodendauern für ℓ_{H}

Für den Kopplungsgrad mit $\ell_{\text{H}} = 55 \text{ cm}$ ergeben sich folgende Periodendauern.

Periodendauer	Links	Rechts	Mittel
T_{gl}	1,7 s	1,7 s	1,7 s
T_{geg}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{II}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{S}	30,0 s	29,9 s	30,0 s

Tabelle 16: Periodendauern für ℓ_{H}

Für den Kopplungsgrad mit $\ell_{\text{H}} = 70 \text{ cm}$ ergeben sich folgende Periodendauern.

Periodendauer	Links	Rechts	Mittel
T_{gl}	1,7 s	1,7 s	1,7 s
T_{geg}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{II}	1,6 s	1,6 s	1,6 s
T_{S}	19,5 s	19,8 s	19,6 s

Tabelle 17: Periodendauern für ℓ_{H}

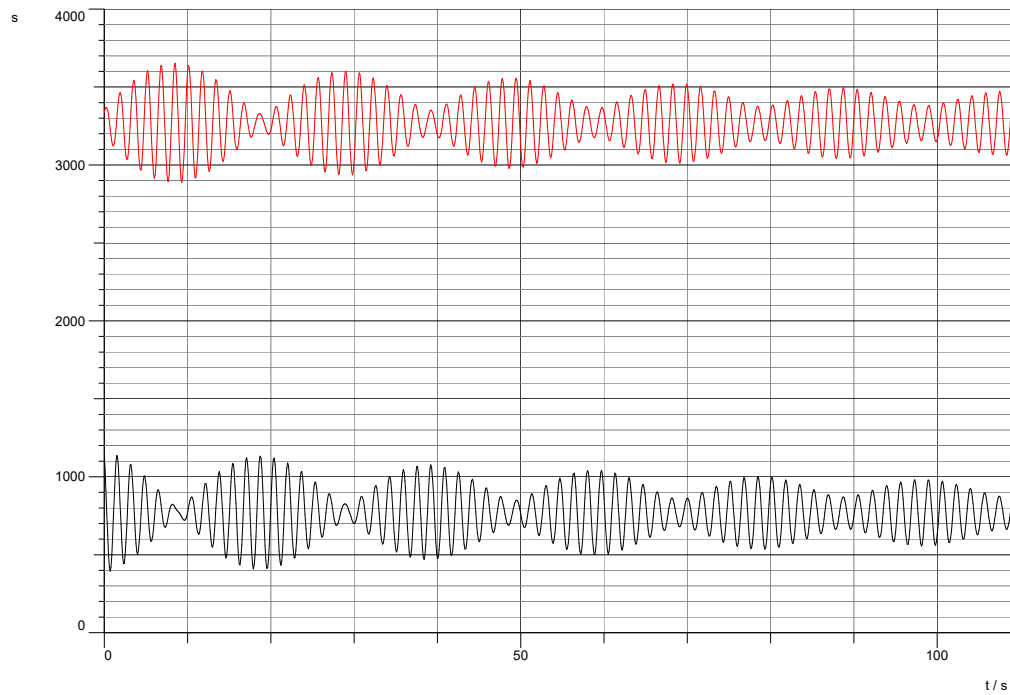


Abbildung 2: Exemplarisches $x(t)$ -Diagramm des Schwebungsfalles bei $\ell_H = 70$ cm

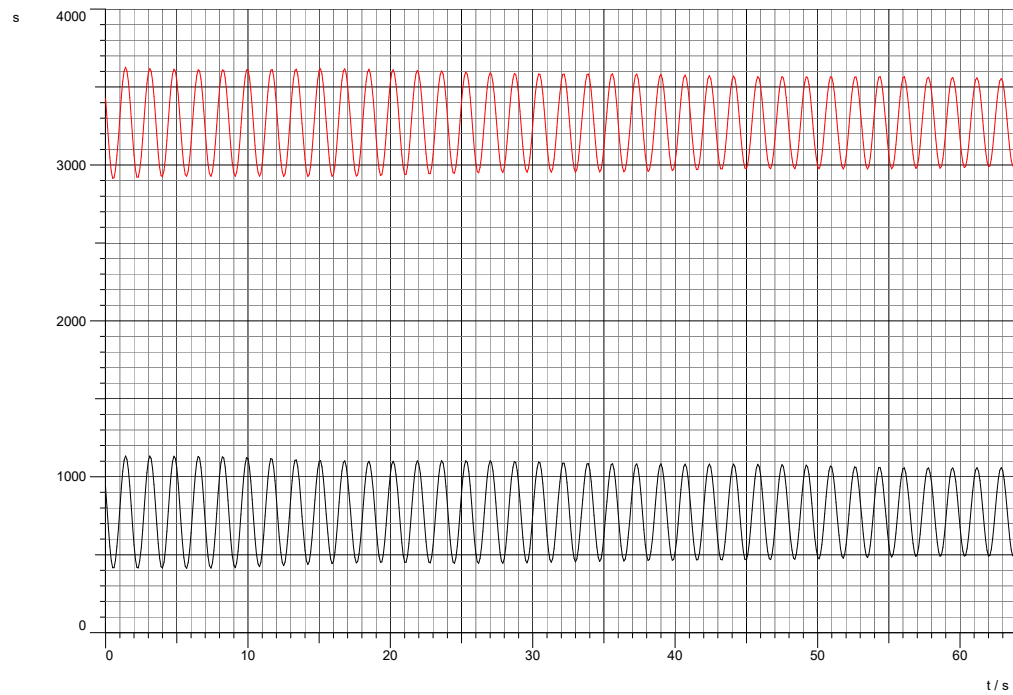


Abbildung 3: Exemplarisches $x(t)$ -Diagramm der gleichsinnigen Fundamentalschwingung bei $\ell_{\text{H}} = 70 \text{ cm}$

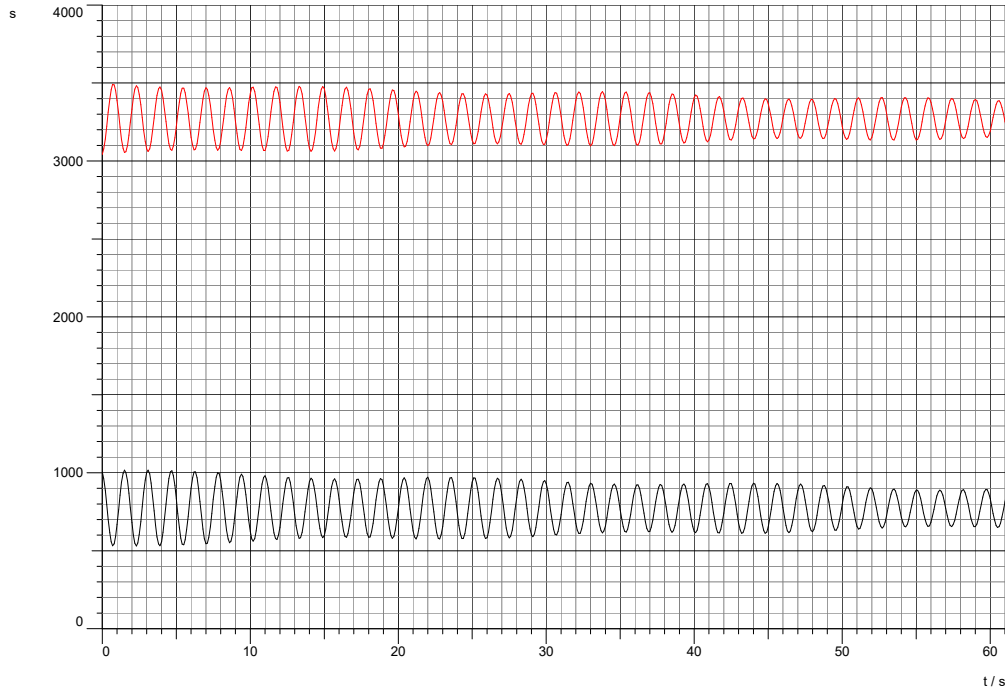


Abbildung 4: Exemplarisches $x(t)$ -Diagramm der gegensinnigen Fundamentalschwingung bei $\ell_H = 70$ cm

Nach wird das Gesamtträgheitsmoment mit den Daten aus Tabelle 1 berechnet. Für das erste Pendel ergibt sich das Trägheitsmoment

$$\begin{aligned}
 J_1 = \frac{1}{3} \cdot 131,40 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (0,87 \text{ m})^2 + 16,06 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (0,4 \text{ m})^2 \\
 + 176,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (0,804 \text{ m})^2 = 0,150 \text{ kg m}^2
 \end{aligned} \tag{6.3}$$

und für das zweite Pendel $J_2 = 0,148 \text{ kg m}^2$.

Die Eigenfrequenz ω_0 wird mittels berechnet. Dafür muss zuerst die Lage des Schwerpunktes ℓ_S mit berechnet werden und ergibt

$$\ell_S = \frac{Lm + \ell_H m_H + \frac{1}{2} L_{St} m_{St}}{m + m_H + m_{St}} \tag{6.4}$$

$$\begin{aligned}\ell_{s,1} &= \frac{0,804 \text{ m} \cdot 176,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 0,4 \text{ m} \cdot 16,06 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + \frac{1}{2} 0,87 \text{ m} \cdot 131,40 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{(176,97 \cdot 10^{-3} + 16,06 \cdot 10^{-3} + 131,40 \cdot 10^{-3}) \text{ kg}} \\ &= 0,635 \text{ m}\end{aligned}\tag{6.5}$$

Für $\ell_{s,2}$ ergibt sich $\ell_{s,1} = 0,632 \text{ m}$.

7 Fehlerrechnung

8 Zusammenfassung

9 Literatur

[1] Versuchsanleitung zu (Abgerufen am 1.04.2050)

10 Anhang

Gewicht Pendel 1: $\rightarrow 80\text{cm}$ 174,95 g

Aufhängung Pendel 1: 75,80 g
Haken

Gewicht Pendel 2: $\rightarrow 84$ 176,97 g

Haken Pendel 2: 16,06 g

Gewicht Pendelstange 2: 131,40 g

Topplungsmasse: 23,77 g

Gew. Pendelstange 1: 131,27 g

$$d = 0,01\text{g}$$

L. 20

Massen umdrehen?

1. Pendel 1:	t_0	t_1	(für 20 Perioden)
	1,45	35,50s	
Pendel 2:	1,35	35,45	

2. Gekoppelt gleichsinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	0,95	34,85
Pendel 2	0,80s	34,85

20 Perioden

Gekoppelt gegensinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	0,40s	33,30s
Pendel 2	1,20s	34,10s

Nochmal gekoppelt gegensinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	0,90s	33,70s
Pendel 2	1,70s	34,60s

Schwebungsfall

	t_0	t_1	t_2	t_4	t_5
Pendel 1	0,0s	52,40s	105,80s	160,0s	211,60s
Pendel 2	25,40s	79,50s	132,90s	185,30s	237,80s

$$l_H = 55 \text{ cm}$$

ungekoppelt (T_0)

	t_0	t_1
Pendel 1	0,80s	35,0s
Pendel 2	0,80s	34,80s

gekoppelt gleichsinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	0,50s	34,50s
Pendel 2	0,50s	34,50s

gekoppelt gegensinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	1,40s	33,60s
Pendel 2	0,60s	32,90s

Schwebefall

	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
Pendel 1	74,80s	44,90s	74,60s	705,20s	734,80s	
Pendel 2	0s	29,5s	60,2s	89,8s	719,6s	

$$l_1 = 70 \text{ cm}$$

Wier

ungekoppelt (T_0)

	t_0	t_1
Pendel 1	7,5	35,8
Pendel 2	7,5	39,7

gekoppelt gleichsinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	7,5	34,75
Pendel 2	0,5s	34,75

gekoppelt gegensinnig

	t_0	t_1
Pendel 1	7,5 s	33 s
Pendel 2	0,7 s	32,2 s

$$T = \frac{20}{37,5} \approx 0,63$$

Schwebefall (0°)

	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Pendel 1	0	18,1	38,7	58,3	77,8
Pendel 2	90	29,5	49,0	68,6	88,3

Schwebefall beide ausgelenkt

	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Pendel 1	6,2	26,7	47,1	66,9	85,6
Pendel 2	76,4	36,9	57,3	77,1	97,4