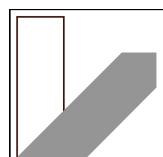


SS2020

PPA1

Erzwungene Schwingung

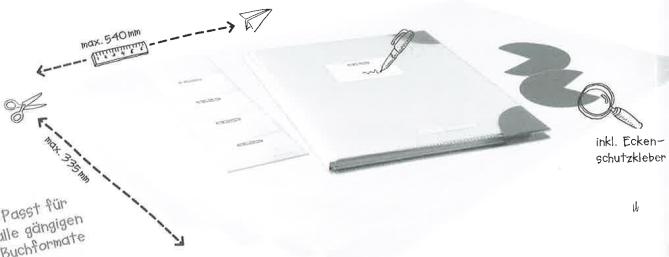
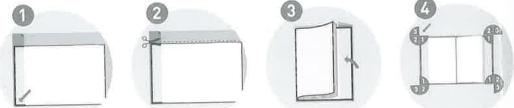
Charlotte Geiger - Manuel Lippert - Leonhard Schatt



easy.cover **FLEXIBLE BUCHHÜLLE**

- flexibel in der Höhe und Breite anpassbar inkl. Atlasformat
- hält ohne am Buch festzukleben
- im praktischen 5er Mehrfachpack immer eine passende Hülle zur Hand

**IN 4 SCHRITTEN
ZUR PERFEKTNEN
BUCHHÜLLE**



Hier geht's
zum Erklärvideo.



Versuch ES: Erzwungene Schwingung

Messperson: Leonhard Schatt

Protokollperson: Charlotte Cieger

Auswertperson: Manuel Lipperz

} Gruppe 2

Versuchsort: Raum 2.2.02.693 in NWII 2. Stock

Universität Bayreuth

Durchführung am: 04.08.2020

Gliederung

	Seite
1. Einleitung	1
2. Fragen zur Vorbereitung	2-5
3. Versuchsaufbau Rechtes Rad	6-7
4. Versuchsbeschreibung	7
5. Versuchsdurchführung	8-18
6. Auswertung	19-26
7. Zusammenfassung und Fazit	27

sehr schön!

1. Einleitung

Schwingungen, vor allem harmonisch, sind ein essenzieller Bestandteil der Physik, wobei sich viele physikalische Systeme auf eine Schwingung zurückführen lassen.
Hierbei stellt sich immer die Frage, wie die erzeugte Schwingung ein wichtiges Element in der Anwendung. Dabei lassen sich viele Probleme auf dieselbe mathematische Beschreibung zurückführen.

In der Physik spielt in der Technik spielt die erzeugte Schwingung eine wichtige Rolle in der Anwendung. Dabei lassen sich viele Probleme auf dieselbe mathematische Beschreibung zurückführen.

Hierbei stellt sich immer die Frage, wie Amplitude und Phase des Systems mit der Frequenz des Erregers und der Dämpfung des Systems zusammenhängen.

mit dem

In diesem Versuch wird Leitfähigkeit des Polischen Raders Resonanzkurven dieses schwingenden Systems mithilfe eines $x-t$ -Schreibers aufgenommen.

Dabei soll die Ersatzschwierigkeiten des $x-t$ -Schreibers und der Umgang mit dem $x-t$ -Schreiber erlernt werden. ✓

2. Fragen zur Vorbereitung

2.1) $A=0 \rightsquigarrow$ freie Schwingung

$$\ddot{x} + 2\alpha\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (1)$$

Ansatz: $x(t) = B e^{\alpha t}$, $B \in \mathbb{R}$, $\alpha \in \mathbb{C}$

$$\text{In (1)} \quad B e^{\alpha t} (\alpha^2 + 2\alpha + \omega_0^2) = 0 \Rightarrow \alpha^2 + 2\alpha + \omega_0^2 = 0 \rightsquigarrow \alpha_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

$$\Rightarrow x_h(t) = B_1 e^{\alpha_1 t} + B_2 e^{\alpha_2 t}$$

a) Kleine Dämpfung ($\alpha^2 < \omega_0^2$) \rightsquigarrow komplexe EW

$$\Rightarrow \alpha_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = -\alpha \pm i\omega \rightsquigarrow x(t) = e^{-\alpha t} \underbrace{(B_1 e^{i\omega t} + B_2 e^{-i\omega t})}_{\substack{\text{Oszillation} \\ \text{Dämpfung}}}$$

$x_h(t)$ muss reell sein:

$$x_h(t) = \text{Re}(x(t)) + \text{Im}(x(t)) = e^{-\alpha t} \left((B_1 + B_2) \cos \omega t + (B_1 - B_2) \sin \omega t \right)$$

$$\Rightarrow x_h(t) = e^{-\alpha t} (B_r \cos \omega t + B_i \sin \omega t)$$

Bei kleiner Dämpfung schwingt das System mit exponentiell abnehmender Amplitude. Dabei ist ω die Eigenfrequenz des Systems und ω die Schwingfrequenz.

Abweichung wird durch die Dämpfung bestimmt $\rightsquigarrow \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$

b) Aperiodischer Grenzfall ($\alpha^2 = \omega_0^2$) \rightsquigarrow reelle EW

$\Rightarrow \alpha_{1,2} = -\alpha \rightsquigarrow$ Lösungen sind entartet \rightsquigarrow Variation der Konstanten

$$\Rightarrow x_h(t) = B(t) e^{-\alpha t} \quad \frac{d}{dt} \Rightarrow \dot{x}_h(t) = (\dot{B}(t) - \alpha B(t)) e^{-\alpha t} \quad \frac{d}{dt} \Rightarrow \ddot{x}_h(t) = (\ddot{B}(t) - 2\alpha \dot{B}(t) + \alpha^2 B(t)) e^{-\alpha t}$$

$$\text{In (1)} \quad \ddot{B}(t) - 2\alpha \dot{B}(t) + \alpha^2 B(t) + 2\alpha (\dot{B}(t) - \alpha B(t)) + \omega_0^2 B(t) = 0$$

$$\Leftrightarrow \ddot{B}(t) - B(t) \left(\omega_0^2 - \alpha^2 \right) = 0 \rightsquigarrow \ddot{B}(t) = 0 \rightsquigarrow B(t) = (B_1 + B_2 t)$$

$$\Rightarrow x_h(t) = (B_1 + B_2 t) e^{-\alpha t}$$

Hier liegt die Besonderheit, dass die Amplitude des Systems streng genommen nicht mehr sondern exponentiell abnimmt.
hier Rekt. gelöscht

Eine Anwendung des aperiodischen Grenzfalls ist die eines Stoßdämpfers.

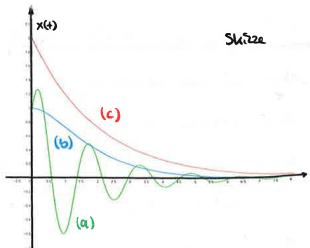
Bei Stoßdämpfer wird eine externe Kraft abgedämpft, damit die Auswirkung der Kraft auf das dämpfte System minimal sind.

Ich glaub ihr meint an sich das Richtige.
Es geht aber mehr darum auftretende Schwingungen, die z.B. die Folge einer Stoßszeit sein können, möglichst schnell abklingen zu lassen.

c) Große Dämpfung ($\lambda^2 > \omega_0^2$) \rightarrow reelle EW

$$\Rightarrow \dot{x}_{n2} = -\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - \omega_0^2} = -\lambda \pm \omega$$

$$\Rightarrow x_n(t) = e^{-\lambda t} (B_1 e^{\omega t} + B_2 e^{-\omega t})$$



Hier erfolgt keine Schwingung mehr.

Nach anfänglicher Auslenkung des Systems kommt es in seine Ruhelage zurück.

Der Unterschied zu dem opeisotischen Schwingfall liegt darin, dass der opeisotische Schwingfall als Schnellster Fall in die Ruhelage übergeht. ✓

Die Konstanten werden durch die Anfangsbedingungen/
Randbedingungen festgelegt.

$$2.2) \ddot{x} + 2\lambda \dot{x} + \omega_0^2 x = A \sin(\omega_A t) \quad (II)$$

$$\text{Ansatz in der Angabe: } x_0(t) = x_0 \sin(\omega_A t + \delta) = \operatorname{Im}[x_0 e^{i(\omega_A t + \delta)}]$$

$$\Rightarrow x_0(t) = x_0 e^{i(\omega_A t + \delta)} \xrightarrow{\frac{d}{dt}} \dot{x}_0(t) = i\omega_A x_0 e^{i(\omega_A t + \delta)} \xrightarrow{\frac{d}{dt}} \ddot{x}_0(t) = -\omega_A^2 x_0 e^{i(\omega_A t + \delta)}$$

$$\xrightarrow{\text{in (II)}} x_0 e^{i(\omega_A t + \delta)} (\omega_0^2 + i2\lambda\omega_A - \omega_A^2) = A e^{i\omega_A t}$$

$$\Leftrightarrow x_0 e^{i\delta} (\omega_0^2 + i2\lambda\omega_A - \omega_A^2) = A$$

$$\Leftrightarrow x_0 e^{i\delta} \left(1 + \frac{i2\lambda\omega_A}{\omega_0^2} - \left(\frac{\omega_A}{\omega_0} \right)^2 \right) = \frac{A}{\omega_0^2} \quad \Leftrightarrow x_0 e^{i\delta} = \frac{x_A}{\left(1 - \alpha^2 + i\alpha \right) \left(1 - \alpha^2 - i\alpha \right)}$$

$$\Leftrightarrow x_0 (\cos \delta + i \sin \delta) = \frac{x_A}{(\alpha^2 + \alpha^2) \left(1 - \alpha^2 \right)} \quad (\alpha = \frac{\omega_A}{\omega_0})$$

$$\Rightarrow x_0 = \left| \frac{x_A}{(\alpha^2 + \alpha^2) \left(1 - \alpha^2 \right)} \right| = \frac{x_A}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + \alpha^2 \cdot \alpha^2}} \Rightarrow x_0 = \frac{x_A}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + \alpha^2 \cdot \alpha^2}}$$

$$\Rightarrow \tan \delta = \frac{\sin \delta}{\cos \delta} = \frac{\alpha c}{1 - \alpha^2} = \frac{2\lambda\omega_A}{(\omega_A^2 - \omega_0^2)} \quad \Rightarrow \tan \delta = \frac{2\lambda\omega_A}{(\omega_A^2 - \omega_0^2)} \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow x_S(t) = \operatorname{Im} [x_0 \cdot e^{i(\omega_A t + \delta)}] \Rightarrow x_S(t) = \frac{A}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_A^2)^2 + 4\lambda^2\omega_A^2}} \sin(\omega_A t + \arctan(\frac{2\lambda\omega_A}{(\omega_A^2 - \omega_0^2)}))$$

$$2.3) \quad x(t) = x_n(t) + x_S(t) \xrightarrow{\frac{d}{dt}} \dot{x}(t) = \dot{x}_n(t) + \dot{x}_S(t) \xrightarrow{\frac{d}{dt}} \ddot{x}(t) = \ddot{x}_n(t) + \ddot{x}_S(t)$$

$$\xrightarrow{\text{in (II)}} \ddot{x}_n + \ddot{x}_S + 2\lambda(\dot{x}_n + \dot{x}_S) + \omega_0^2(x_n + x_S) = A \sin(\omega_A t)$$

$$\Leftrightarrow (\ddot{x}_n + 2\lambda \dot{x}_n + \omega_0^2 x_n) + (\ddot{x}_S + 2\lambda \dot{x}_S + \omega_0^2 x_S - A \sin(\omega_A t)) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \ddot{x}_n + 2\lambda \dot{x}_n + \omega_0^2 x_n = 0 \\ \ddot{x}_S + 2\lambda \dot{x}_S + \omega_0^2 x_S - A \sin(\omega_A t) = 0 \end{cases} \quad \text{Erfüllt durch Aufgabe (1), (2)}$$

Es reicht in der Praxis nur $x_S(t)$ zu betrachten, da alle homogenen Lösungen von $x_n(t)$ mit $e^{\pm \lambda t}$ exponentiell abnehmen. \downarrow abh. von $\lambda \Rightarrow$ nicht allgemein gültig

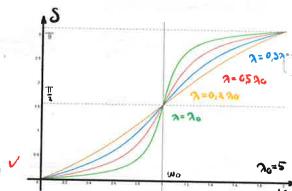
2.4) Betrachte Grenzen von a : $\lim_{\omega_0 \rightarrow 0} a = 0$ $\lim_{\omega_0 \rightarrow \infty} a = \infty$

$$\lim_{a \rightarrow 0} x_0 = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{x_A}{\sqrt{(1 - a^2)^2 + a^2 \cdot \alpha^2}} = x_A \quad \checkmark$$

$$\lim_{a \rightarrow \infty} x_0 = \lim_{a \rightarrow \infty} \frac{x_A}{\sqrt{(1 - a^2)^2 + a^2 \cdot \alpha^2}} = 0 \quad \checkmark$$

$$\lim_{a \rightarrow 0} \tan \delta = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{\alpha c}{1 - a^2} = 0 \Rightarrow \delta = 0 \quad \checkmark$$

$$\lim_{a \rightarrow \infty} \tan \delta = \lim_{a \rightarrow \infty} \frac{\alpha c}{1 - a^2} = \lim_{a \rightarrow \infty} \frac{c}{a(\frac{1}{a^2} - 1)} = 0 \Rightarrow \delta = \pi \quad \checkmark$$



Hier sieht man, dass wenn die Kreisfrequenz ω_A gegen Null geht kann das System nur sofort auf die externe Schwingung reagieren und kommt die maximale Amplitude an. Dabei schwingt das System gleichphasig mit der externen Schwingung. Falsch! Maximale Amplitude liegt im Resonanzfall vor, nicht für $\omega_A \rightarrow 0$.

Wobei bei sehr hoher Kreisfrequenz kann das schwingende System nicht mehr auf die externe Schwingung antworten, wegen Trägheit und Reibung, und die Amplitude geht gegen Null. Dabei schwingt das System gegenphasig zur externen Schwingung.

2.5) $\omega_A = \omega_0 \Rightarrow \alpha = 1$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 1} \delta = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \arctan \left(\frac{\alpha c}{1 - \alpha^2} \right) = \frac{\pi}{2} \quad \checkmark$$

Maximuum für x_0 :

$$\Rightarrow x_0(a) = \frac{x_A}{\sqrt{(1 - a^2)^2 + a^2 \cdot \alpha^2}} \Rightarrow \frac{dx_0}{da} \Big|_{a=1} = 0$$

$$\text{Eliminierung } a = \frac{\omega_A}{\omega_0}$$

$$\frac{dx_0}{da} = \frac{dx_0}{da} \cdot \frac{da}{d\omega_A} = x_A \cdot \left(-\frac{1}{2} \right) \frac{1}{((1 - a^2)^2 + a^2 \cdot \alpha^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (2a(1 - a^2) - 2a\alpha^2) \cdot \frac{1}{\omega_0} = \frac{1}{\omega_0} = 0$$

$$\Rightarrow (2a(1 - a^2) - 2a\alpha^2) = 0 \Leftrightarrow -2a(a^2 + \frac{\alpha^2}{2} - 1) = 0$$

$$\Rightarrow a = 0 \quad \wedge \quad a_2 = \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{2}} \Rightarrow \omega_A = 0, \quad \omega_A = \pm \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{\omega_0^2}} \cdot \omega_0 \quad \checkmark$$

Der Fall $\alpha_2=0$ wurde in Aufgabe (4) schon diskutiert.

$$\lim_{h \rightarrow 0} x'(a_2 \pm h) \leq 0 \rightarrow \text{lokales Maximum bei } a_2 = \sqrt{1 - \frac{c^2}{4}}$$

$$\Rightarrow x_{\max} = x(a_2) = \frac{x_A}{c + 1 - \frac{c^2}{4}} \Rightarrow x_{\max} = \frac{A}{2\sqrt{1 - \omega_0^2 - \alpha^2}} \quad \checkmark$$

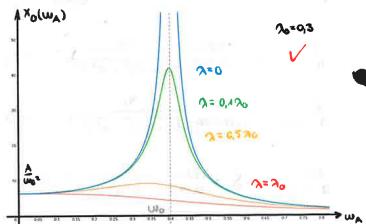
Anmerkung: Die Dämpfung α verschiebt das Maximum je nach Wert links oder rechts. Bei zunahme wird das Maximum der Amplitude immer kleiner, was zu erwarten war, da durch große Dämpfung die Schwingung des Systems nicht mehr gegeben ist.

2.6) Resonanzüberhöhung

$$x_A = \frac{A}{\omega_0^2} \Rightarrow \frac{x_{\max}}{x_A} = \frac{\omega_0^2}{2\sqrt{1 - \omega_0^2 - \alpha^2}}$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} x_{\max} \approx \frac{x_A}{x_A} \approx \frac{\omega_0}{2}$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} x_{\max} = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{A}{2\sqrt{1 - \omega_0^2 - \alpha^2}} = \infty \quad \checkmark$$



2.7) Mit dem x-t-Schreiber kann die Auslenkung eines Pendels aufgezeichnet werden. Die Schwingungen werden sonst in Aabhängigkeit der Zeit graphisch dargestellt.

Der Schreiber registriert eine Spannung, die von einem Digital-Analog Wandler erzeugt wird.

Der Wandler generiert eine zum Zählerstand des Lichtschrankens proportionale Spannung.

Der Zählerstand variiert je nach Wechsel der Markierungen des Zahnscheibens.

Alles korrekt. Im Allgemeinen (unabhängig von diesem Praktikumsversuch) wird, wie ihr ja richtig geschrieben habt, ein zeitabhängiges Spannungssignal dargestellt.

$$x_S(t) = \frac{Aw_A}{\sqrt{(1 - \omega_0^2)^2 + 4\alpha^2\omega_0^2}} \cos(\omega_0 t + \arctan(\frac{2\alpha\omega_A}{\omega_0^2 - \omega_A^2})) \Rightarrow v_0 = \frac{Aw_A}{\sqrt{(1 - \omega_0^2)^2 + 4\alpha^2\omega_0^2}} \Rightarrow \alpha_0 = \frac{Aw_A^2}{\sqrt{(1 - \omega_0^2)^2 + 4\alpha^2\omega_0^2}}$$

$$\ddot{x}_S(t) = -\omega_0^2 x_S(t)$$

$$\lim_{\omega_A \rightarrow 0} v_0 = 0, \lim_{\omega_A \rightarrow \infty} v_0 = \lim_{\omega_A \rightarrow \infty} \frac{A}{\omega_A \sqrt{\left(\left(\frac{\omega_0}{\omega_A}\right)^2 - 1\right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\omega_A^2}}} = 0 \quad \checkmark$$

$$\lim_{\omega_A \rightarrow 0} \alpha_0 = 0, \lim_{\omega_A \rightarrow \infty} \alpha_0 = \lim_{\omega_A \rightarrow \infty} \frac{A}{\omega_A \sqrt{\left(\left(\frac{\omega_0}{\omega_A}\right)^2 - 1\right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\omega_A^2}}} = A \quad \checkmark$$

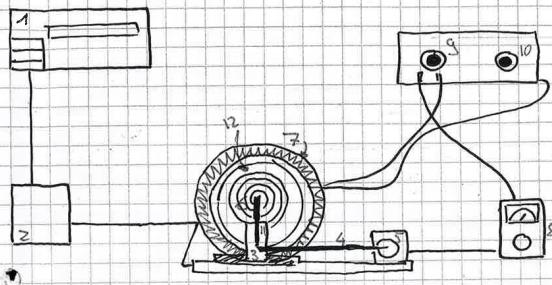
Maximas:

$$v_{\max} = w_A x_{\max} \Rightarrow v_{\max} = \frac{Aw_A}{2\sqrt{1 - \omega_0^2 - \alpha^2}}, \quad a_{\max} = w_A^2 x_0 \Rightarrow a_{\max} = \frac{Aw_A^2}{2\sqrt{1 - \omega_0^2 - \alpha^2}}$$

An sich war gefragt bei welchen Frequenzen ω_A v_{\max} & a_{\max} liegen.

Versuch ES: Erzwungene Schwingungen

1. Versuchsaufbau Polnisches Rad Fensterplatte



1 x-t-Schreiber

2 Digital-Analog-Wandler

3 Elektromagnet

4 Kopplungsstange

5 Motor mit Exzenter

6 Schnecke/Feder

7 Winkelstabs

8 Vielfachmehrgerüst (Spannung, Strom, Widerstand)

9 Regler für Dämpfung

10 Regler für Motordrehzahl

11 Hebel

12 Kupfernadel

Schm.

Größenannahmen:

Zu 1: 87709

Zu 2: ELLB 0233

Zu 3: H140378889

Zu 4: 111

Polisches Rad: 00973

die Schneckenfeder wird durch die gegebene Motordrehzahl vom Exzenter periodisch beansprucht.

Der Motor bewegt den Hebel, der sich um den Hebel feststellt bewegt und eine zur Drehzahl proportionale Spannung induziert. Somit kann man über den Faktor der Drehzahl die Spannung einstellen.

Ich kann nicht nachvollziehen, wo ihr das her habt. Ich bestelle mir jetzt keinen Motor mehr, der einen Hebel mit einem Magneten besitzt.

Bei Abweichungen des Sollwerts vom Istwert wird durch einen Transistor der Strom durch den Motor entsprechend variiert.

Die variable Dämpfung erfolgt über einen Elektromagneten.

Die Auslenkung des Pendels wird durch den x-t-Schreiber aufgezeichnet. Die Dämpfungskonstante kann am Gerät von 0 bis 2A eingestellt und mit seinem Wellenzahlenmaß gemessen werden.

erm. Satzschwingungsanzahl, s.d. die zwei Sätze die die Dämpfung betreffen nebeneinander stehen.

Nachschriften:

Wurst hat Leo 50 Schwingungen mit dem Stoppuhr gestoppt
nach wurden die freie Schwingen nochmal über $1\frac{1}{2}$ min.
mehr, dieses Mal mit dem x-t-Schreiber. Nach Nullstellung
der Einstellung der Geschwindigkeit (10cm/min) und der Membran
wurde gemessen. Die Schwingungen werden von dem vom welchem? aus aufge-
zeichnet. Bei der gedämpften Schwingung bzw. dem Spezialfall
erfüllt wird die gezeichnete und aufgezeichnete, bei der Schwingung
gerade steht.

Unklar, was ihr hier meint

der erzwungenen Schwingung kommen Probleme auf, da
der x-t-Schreiber bewegt, ohne Bewegung des Pendels. Dachach
endet sich andauernd die Nullstellung. Deshalb merken wir
nicht einen Nullschwingung, sondern an den Spitzen.

x-t-Schreiber springt manchmal. genauer beschreiben/erklären.

Eigentlich nicht Teil
der Versuchsanordnung

Versuchsdurchführung

Mensperson: Leo Schott

1. Freie Schwingungen ($A=0 \rightarrow$ keine äußere Antriebskraft)

2. Ungedämpfte Schwingungen

→ Bestimmung der Eigenfrequenz ω_0 .

1. Stoppuhr

Ablaufschleifer: 0,01s

Systematischer Restfehler: 0,01s

Anzahl Schwing.	T in s	$\omega_0 = 2\pi \frac{1}{T} \text{ rad/s}$
1. Messung 50	1,933141	$3,363229$
2. Messung 50	1,93153	$3,3589144$

$$\bar{T} = 1,93475 \quad \bar{\omega}_0 = 3,361072 \frac{1}{s}$$

2. x-t-Schreiber

Ablaufschleifer: /

S. Restfehler: 0,35%

Anzahl Schwingungen n (Echte Aufzeichnung)

Membranbereichszeit: 10

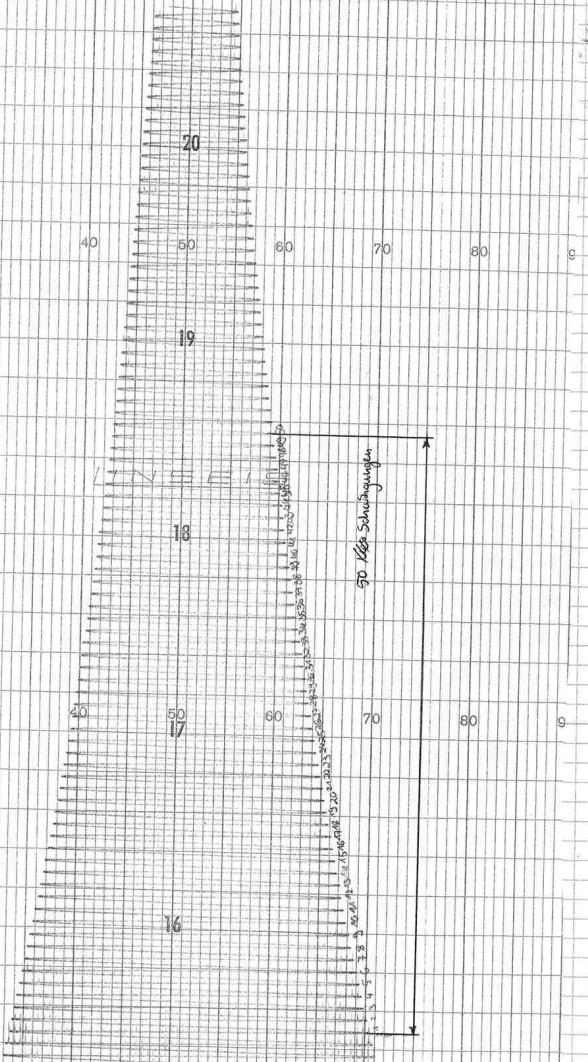
Geschwindigkeit: 10cm/min

Wir messen 1A nach Multimeter Anzeige kaputt!

Grenzgenauigkeit:
Anzeige kaputt!

→ welche Anzeige?
→ Welche Länge? Kaputt?

Grenzgenauigkeit: 10V

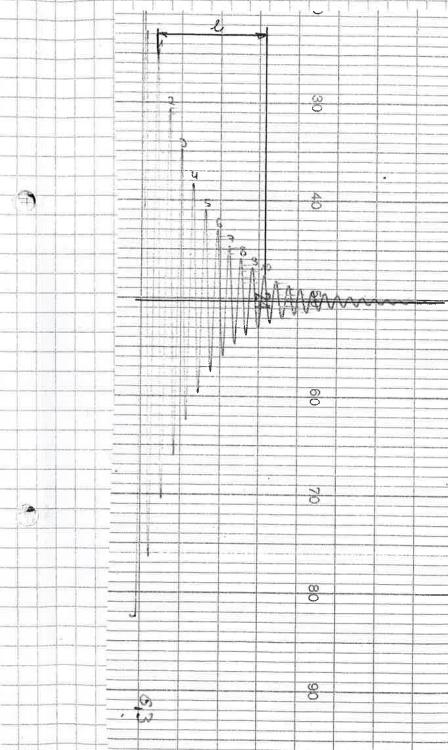


b) Gedämpfte Schwingungen

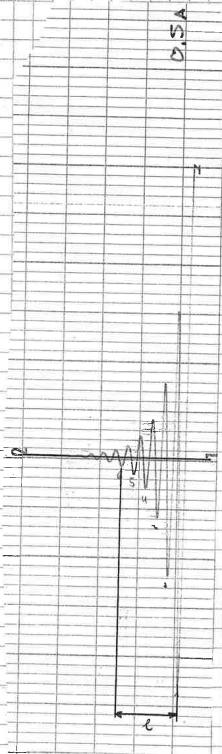
→ Aufzeichnung der Pendelbewegung für versch. Dämpfungsstrom
A Dämpfungsstrom $I_0 = 0,3\text{ A}$

Anzahl Schwingungen (siehe Aufzeichnung)

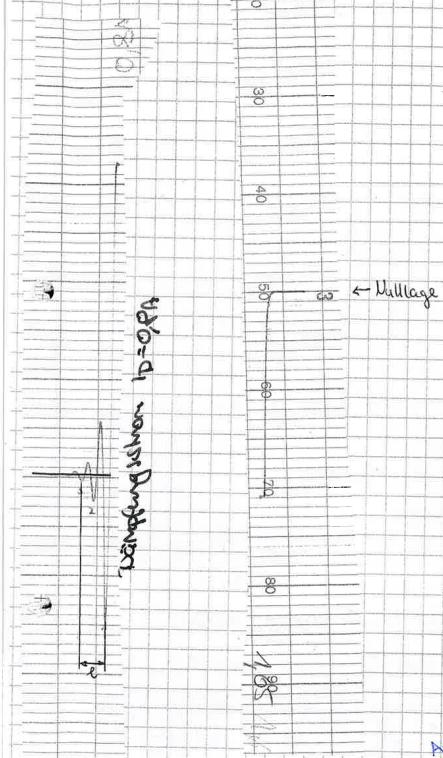
↳ worauf bezieht ihr euch hier?



B Dämpfungsstrom $I_d = 0,8A$



C Dämpfungsstrom $I_d = 0,8A$

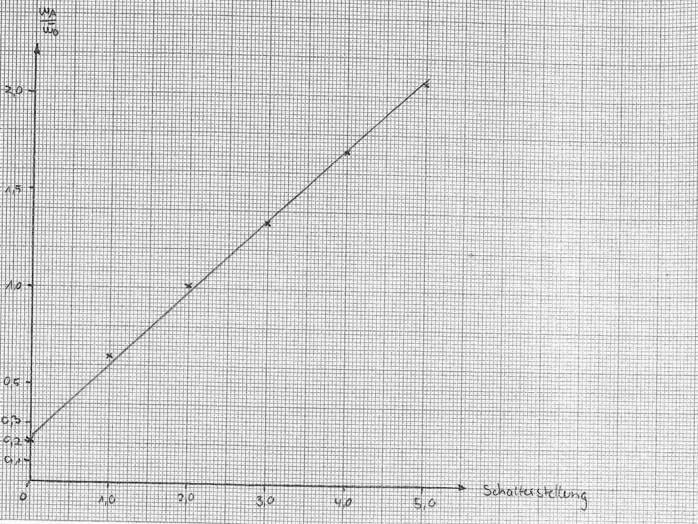


Widerstandswert $I_d = 0,8A$

aperiodischer Grenzfall
Wie gemessen?
Warum finde ich diese Darstellung hier
bei den Dämpfungsstromen $I_d = 0,8A$?
→ Protokoll sauberer strukturieren
→ Mögliche Fehler (fehlerhafter Einkleben o.ä.)
erklären bzw. kommentieren

Aperiodischer Grundfall

→ Bestimmung des Magnetstroms ✓ Inhalt der Versuchsreihe



$$\frac{A}{n_0} = \frac{T_0}{T_A} \quad \text{Reaktionssatz 1 aus Versuch 1: } \frac{T_0}{T_A} = 0,33$$

$$+ n^2 s_A \approx s_{T_0} \approx s_{T_A} = s_A$$

$$\frac{s_{WA}}{s_0} = \frac{n_A^2}{n_0^2} \left(\left(\frac{1}{T_A} s_{T_0} \right)^2 + \left(\frac{T_0}{T_A} s_{T_A} \right)^2 \right) = \left(\frac{n_A}{n_0} \right)^2 \left(s_{T_0}^{-2} + \left(\frac{T_0}{T_A} \right) s_{T_A}^{-2} \right)$$

$$\therefore \approx \sqrt{2} s_A, \text{ da } s_A = s_{T_0}$$

$$s_{WA/600} = \frac{n_A}{n_0} s_{T_0} \sqrt{1 + \left(\frac{T_0}{T_A} \right)^2}$$

Was passiert hier?
Erklärung & Beschreibung fehlt, so nicht nach vollziehbar.

Zugehörig zu
2 A

Warum färbt das dann hier auf? Euer Protokoll sollte linear, chronologisch und nach vollziehbar sein. Hier färbt aber das fertige Kalibrierungsdiagramm vor den zugehörigen Messungen und Messwerten auf.

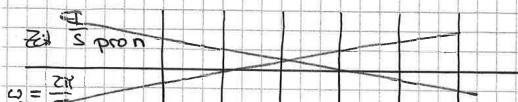
2. Erzeugungene Schwingungen $\rightarrow \varphi_0(\omega_p)$

A Motorkalibrierung

Schalterstellung	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Umschaltungen	16	40	55	74	97	115
Zeit $\frac{T}{5}$	140,6	116,72	101,8	103,16	106,51	103,69

$n = \text{Motornummernschaltungen}$

Auch hier wieder: Es fehlt die Beschreibung, was ihr hier gemacht habt. In der aktuellen Form überhaupt nicht nachvollziehbar



Schalterstellung	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\frac{WA}{s_0}$	0,213	0,652	1,01	1,341	1,706	2,073

Diese Werte sind doch berechnet, oder? Dies ist hier im Protokoll ein kleiner Fehler ersichtlich. Vor allem da auch hier wieder jegliche Beschreibung fehlt, was gerade gemacht wird.

Intensität x-t-Schreiber: 20 V (Grenzenplatt) Was genau macht ihr hier mit dem x-t-Schreiber?

$$\frac{T_0}{T_0} = \frac{f_0}{n}$$

Anzahl

	WA/s_0	SWA/s_0
16	0,21273391	0,001159514
40	0,65181284	0,003816308
55	1,004938	0,006223701
74	1,34038045	0,008213661
97	1,70568852	0,010309124
115	2,07330419	0,012670007

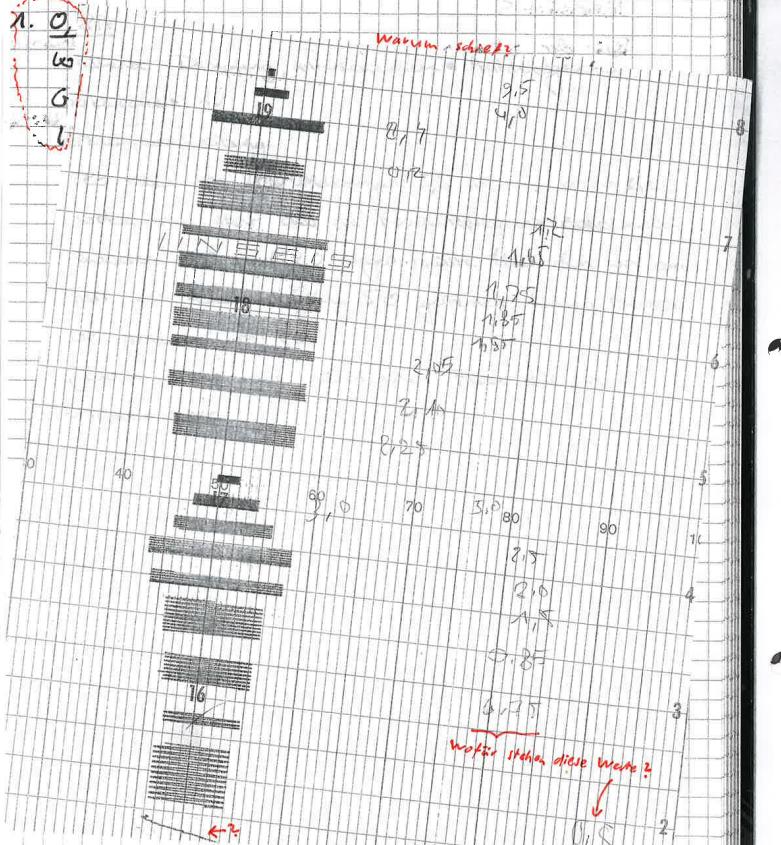
Was passiert hier?
Woher kommen die Werte?

Ablöseschalter: 0,3

Felder T = 0,42426407

Da die Fehler so klein sind, haben wir sie nicht in den Graphen eingezeichnet.

Dämpfungsströme I_D $\rightarrow I_{D_0}$ für verschiedene ω_p



Komplette Messung von S. 16!

Warum taucht die dann hier und nicht nach der Beschreibung auf S. 16 auf?

3 Bestimmung von I_{D_0}

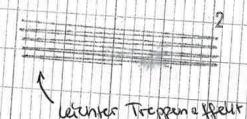
Einstellwagen am x-t-Schreiber:

Grenzgenauigkeit: ~~0,5~~ 0,5 Einheit

$$I_0 = 0.8 \text{ A}$$

geringste Motorumdrehung: $n = 90$

Beschreibung, Kontext



Ressonanzkurven

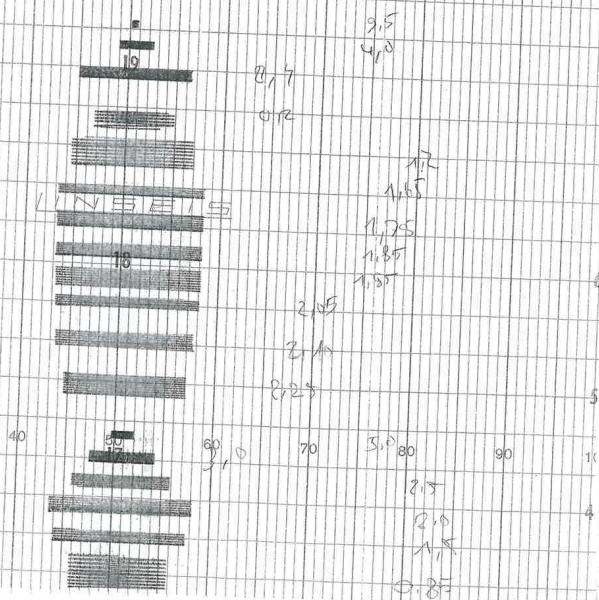
Dämpfungsströme $\rightarrow p_0$ für verschiedene ω_p
 ↳ unpassender Begriff
 um diese Verluststufe zu überstreichen

1. O, 8% Konstante Dämpfung, unterschiedliche Antriebsgeschw.

Grenzgeschw: 1V → Warum wird diese nicht entsprechend der Amplitude angepasst?
 Versuchsbeschreibung:

Los misst von Motorumdrehungen 0,5 ab und erhöht sie,
 wobei man sieht dass die Ressonanzfrequenz zufallsartig
zwischen 1,5 und 2,0 liegen müsste. Nach dem wir auch
 mit der Schaltereinstellung 5,0 gemessen haben, messen
 wir genauer um 3,0.

Jedoch sieht man kaum einen Peak für die
 Resonanzkurve.



2. O, 3 A

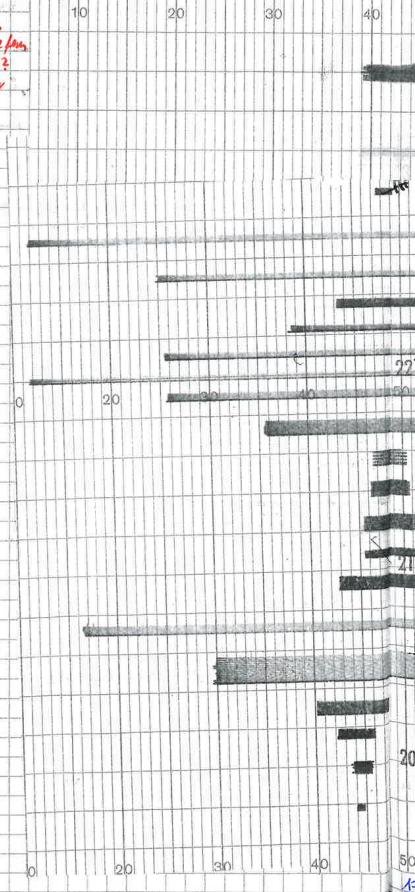
Sensitivität 5 Einheit

Bei der jetzigen Messung fügt Los mit 4,5 (Motordrehung) an und vergleicht den Wert mit jeder Messung

Nach der Messung von 2,5 Motordrehungen wird die Grenzgeschw. auf 5V umgestellt

Ich dachte ihr verändert eh schon
 Grenzgeschw. 5V. Warum kann Los jetzt
 wieder auf 5V "umgestellt"?
 Und was meint Los mit "nach der
 Messung von 2,5 Motordrehungen"?

⇒ Deutlich klarer formulieren!



6. Auswertung

6.1) Freie Schwingung

Anfangsbeding: $\varphi(0) = A_0$, $\dot{\varphi}(0) = 0$, $\gamma \ll \omega_0 \Rightarrow$ kleine Dämpfung

kleine Dämpfung \Rightarrow (2.1a) Erinnerung: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$

$$\Rightarrow \varphi(t) = e^{-\gamma t} (B_+ \cos \omega t + B_- \sin \omega t) \quad (1) \Rightarrow \boxed{\varphi(0) = B_+ = A_0}$$

$$\Rightarrow \dot{\varphi}(t) = -\gamma \varphi(t) + \omega e^{-\gamma t} (B_+ \cos \omega t - B_- \sin \omega t) \quad (1)$$

$$\Rightarrow \dot{\varphi}(0) = -\gamma A_0 + \omega B_- = 0 \Rightarrow \boxed{B_- = \frac{\gamma A_0}{\omega}}$$

$$B_+, B_- \text{ fn (1)} \Rightarrow \varphi(t) = e^{-\gamma t} (\text{Acos} \omega t + \frac{\gamma A_0}{\omega} \text{sin} \omega t)$$

$$\text{Für } \gamma \ll \omega_0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \approx \omega_0, B_- = \frac{\gamma A_0}{\omega} \approx 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi(t) \approx A_0 \cos(\omega_0 t) e^{-\gamma t}} \quad \checkmark$$

1) Bestimmung von ω_0

Messung mit Stoppuhr: $s_A = 0,015$, $s_F \approx 0,015$

$$\Rightarrow s = \sqrt{s_A^2 + s_F^2} = 0,01414213$$

~~Bei jeder Messung muss man über auch die Realitätszeit des Zeitmessers berücksichtigen. Aus dem Versuch MesB: $\Delta s \approx 0,5 s > s$~~

$$\Rightarrow T_1 = (93,41 \pm 0,30) s, T_2 = (93,53 \pm 0,30) s$$

$$\Rightarrow \bar{T}_2 = (93,17 \pm 0,30) s$$

$$\Rightarrow \bar{T} = \frac{\bar{T}_1 + \bar{T}_2}{2} = (1,869 \pm 0,006) s$$

$$\Rightarrow \omega_0 = \frac{2\pi}{\bar{T}} = 3,361070 \frac{1}{s}$$

$$s_{\text{sub}} = \left| \frac{\partial \omega_0}{\partial \bar{T}} s_{\bar{T}} \right| = \frac{2\pi}{\bar{T}^2} s_{\bar{T}} = 0,010787 \frac{1}{s}$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega_0 = (3,361 \pm 0,011) \frac{1}{s}} \quad \checkmark$$

24 ① 12

1,87 \rightarrow Wofür stehen diese Werte?

2,05

2,2

2,05

1,85^{b0}

1,75

0,6

0,5

1,0

1,0

1,75

2,10

Spiegelbild? \Rightarrow
Wieso taucht das nicht in Beschreibung auf?

symmetrisch $\leftarrow ?$

1. 0,31

A	Lin cm	Lin s	0,05	6,30	+/-	0,06	0,167	+/-	0,001	+/-	10,9	+/-	3,74	+/-	0,07
A	Lin cm	Lin s		A0 in cm		A(t) in cm		A(t)/A0		A(t)/A0		sk		Einführung	
0,00	+/-	0,00	6,30	+/-	0,06	1,00	+/-	0,013	+/-	0,006	0,006	6,73	+/-	0,21	
1,68	+/-	0,03	4,90	+/-	0,06	0,78	+/-	0,011	+/-	0,006	0,006	6,00	+/-	0,03	
3,36	+/-	0,07	3,90	+/-	0,06	0,62	+/-	0,010	+/-	0,007	0,007	6,00	+/-	0,03	
5,04	+/-	0,10	3,00	+/-	0,06	0,48	+/-	0,010	+/-	0,009	0,009	ln(A(t2)/A0)			
6,72	+/-	0,13	2,30	+/-	0,05	0,37	+/-	0,009	+/-	0,011	0,011	-0,892	+/-	0,011	
8,40	+/-	0,16	1,80	+/-	0,05	0,29	+/-	0,009	+/-	0,014	0,014	A(t2)/A0		0,41	
10,08	+/-	0,20	1,40	+/-	0,05	0,22	+/-	0,009	+/-	0,02	0,02				
11,76	+/-	0,23	1,10	+/-	0,05	0,17	+/-	0,009	+/-	0,02	0,02				
13,44	+/-	0,26	0,90	+/-	0,05	0,14	+/-	0,009	+/-	0,03	0,03				
15,12	+/-	0,30	0,70	+/-	0,05	0,11	+/-	0,009	+/-	0,03	0,03				

A	Lin cm	Lin s	0,05	5,80	+/-	0,06	0,167	+/-	0,001	+/-	6,5	+/-	3,93	+/-	0,13
A	Lin cm	Lin s		A0 in cm		A(t) in cm		A(t)/A0		A(t)/A0		sk		Einführung	
0,00	+/-	0,00	5,80	+/-	0,05	1,00	+/-	0,014	+/-	0,006	0,006	2,47	+/-	0,09	
1,60	+/-	0,05	3,00	+/-	0,05	0,52	+/-	0,011	+/-	0,009	0,009	2,20	+/-	0,05	
3,20	+/-	0,11	1,60	+/-	0,05	0,28	+/-	0,010	+/-	0,015	0,015	0,009	+/-	0,03	
4,80	+/-	0,16	0,80	+/-	0,05	0,14	+/-	0,009	+/-	0,014	0,014	0,009	+/-	0,03	
6,40	+/-	0,22	0,40	+/-	0,05	0,07	+/-	0,009	+/-	0,012	0,012	-0,892	+/-	0,009	
8,00	+/-	0,27	0,20	+/-	0,05	0,03	+/-	0,009	+/-	0,012	0,012	A(t2)/A0		0,41	

ID	lin cm	lin s	0,05	3,70	+/-	0,06	0,167	+/-	0,001	+/-	3,72	+/-	4,79	+/-	0,30
A	lin cm	lin s		A0 in cm		A(t) in cm		A(t)/A0		A(t)/A0		sk		Einführung	
1	0,00	+/-	0,00	5,80	+/-	0,06	0,167	+/-	0,001	+/-	6,5	+/-	1,01	+/-	0,16
2	1,50	+/-	0,05	3,00	+/-	0,05	0,167	+/-	0,001	+/-	0,009	+/-	1,2	+/-	0,11
3	3,00	+/-	0,11	1,60	+/-	0,05	0,167	+/-	0,001	+/-	0,015	+/-	0,90	+/-	0,11
													ln(A(t2)/A0)		
													A(t2)/A0		
													-0,89	+/-	
													0,03	+/-	
													0,41	+/-	

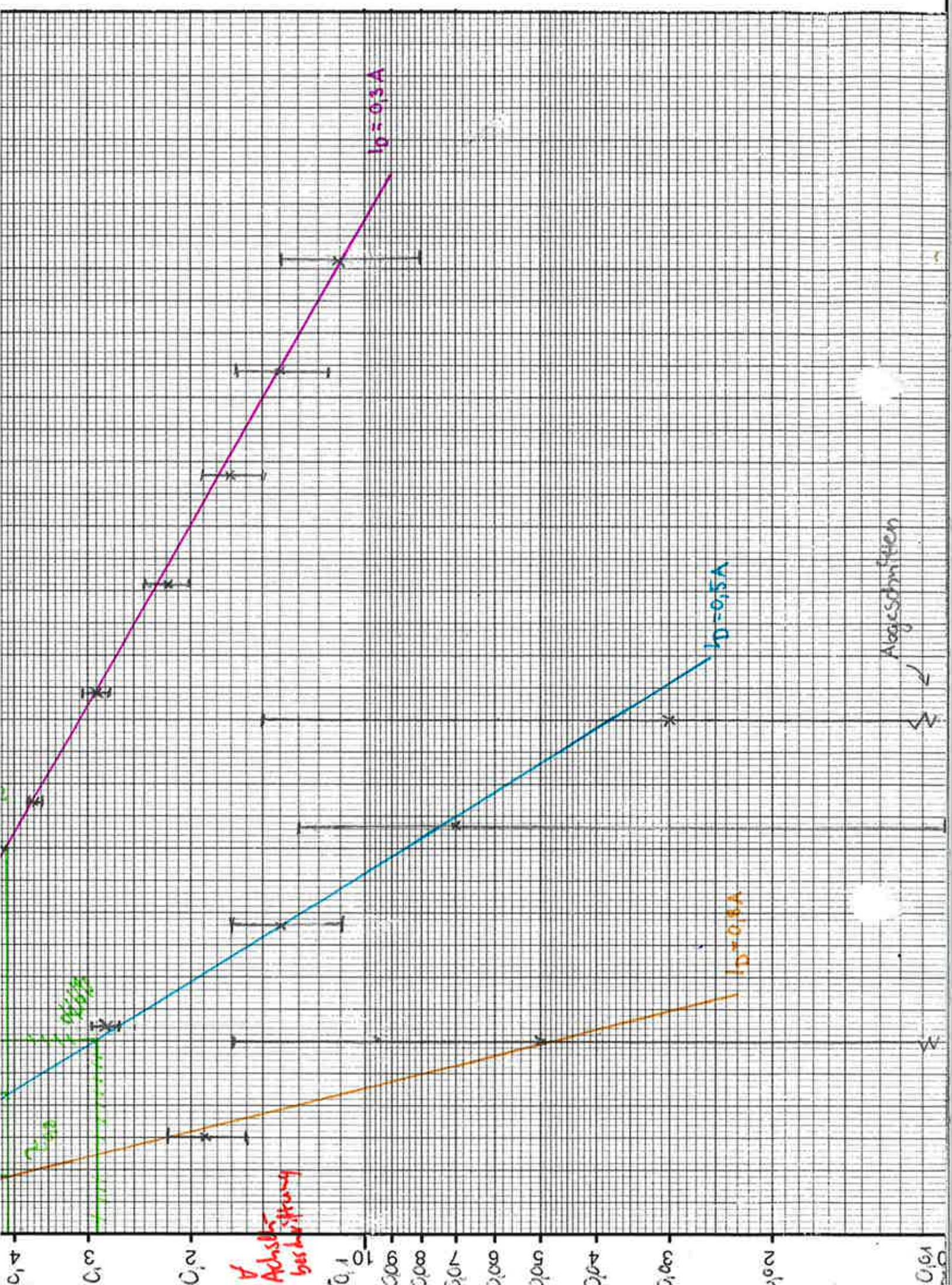
Wir haben hier halb soviel gemacht wie die Amplitude, weil jeder Schwingung anstreben wird nicht nur bei den Verlusten

Bei der Amplitude der Schwingungen steht ihr immer ein offener oder geschlossener Pfeil vor dem Ergebnis.

1 2 3 4 5 Schwingungsperiode bei Punkt Nr. 2

1 Schwingungsperiode bei Punkt Nr. 2
2 Schwingungsperiode bei Punkt Nr. 3
3 Schwingungsperiode bei Punkt Nr. 4
4 Schwingungsperiode bei Punkt Nr. 5

Entspricht genau zwei Werte für uns nicht



Wo aus x-t-Schreiber-Messung

Messung der Länge mit Coodrelech: $s_0 = 0,05 \text{ cm}$
 Büromafstab $s_r = 0,2 \text{ mm} + 1 \cdot 10^{-3} l$
 Stahlmaßstab (Praktikumsschrift S F-5) $s_p = 0,005 \text{ mm} + 5 \cdot 10^{-6} l$

Ausmessung von 50 Schwingungen ($\rightarrow g$)

$$l = 15,3 \text{ cm}$$

$$s_e = 0,2 \text{ mm} + 1 \cdot 10^{-3} (153 \text{ mm}) = 0,353 \text{ mm} = 0,353 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow s = \sqrt{s_0^2 + s_e^2} = 0,0612053 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow l = (15,3 \text{ cm} \pm 0,06) \text{ cm}$$

$$\text{Geschwindigkeitsanstellung: } s_p = 0,3590 \Rightarrow s_v = 0,0001 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v = (0,0167 \pm 0,0001) \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow \frac{T_{50}}{T_{50}} = \frac{l}{v} = 91,616766 \quad \text{✓ Einheit}$$

$$s_{T_{50}} = \sqrt{\left(\frac{\partial T_{50}}{\partial s_0} s_e\right)^2 + \left(\frac{\partial T_{50}}{\partial v} s_v\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{v} s_e\right)^2 + \left(\frac{l}{v^2} s_v\right)^2} = 0,655781 \quad \text{✓ Einheit}$$

$$\Rightarrow T_{50} = (91,6 \pm 0,7) \text{ s}$$

$$\Rightarrow T = \frac{T_{50}}{50} = (1,832 \pm 0,014) \text{ s}$$

$$\Rightarrow w_{0,x} = (3,430 \pm 0,008) \frac{1}{\text{s}} \quad \checkmark$$

selbe Formel wie vorher

Das Messergebnis des x-t-Schreibers weicht von dem mit der Stoppuhr gemessenen Wert ab. Wenn man aber die vorher erwähnte Realisierungszeit und auch die häufige Be-anspruchung des x-t-Schreibers mit bestimmt bedenkt, liegen die besseren Ergebnisse in der Übereinstimmung überein.

Was genau ist hiermit gemeint?
Besser erklären

2) Bestimmung von w und z

Allgemeine Formeln zur Berechnung

Messung mit Coodrelech \rightarrow Büromafstab

$$s_a = 0,05 \text{ cm}, s_r = 0,2 \text{ mm} + 1 \cdot 10^{-3} l, s_e = \sqrt{s_a^2 + s_r^2}$$

$$v = (0,167 \pm 0,001) \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$w = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v n}{l}, s_w = \sqrt{\frac{2\pi v n}{l^2} s_l} \quad (\text{aus Fehlerfertpflanzungsgesetz})$$

Hier wurde der Fehler von v vernachlässigt, da dieser sehr klein erscheint.

$$T = \frac{2\pi}{w} = \frac{l}{vn} \rightsquigarrow t = n \cdot T, s_T = \left| \frac{1}{vn} s_l \right| \quad \text{hier}$$

$$k = \frac{A(t)}{A_0}, s_k = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial A(t)} s_{A(t)}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial A_0} s_{A_0}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{A_0} s_{A(t)}\right)^2 + \left(\frac{A(t)}{A_0^2} s_{A_0}\right)^2}$$

Messpunkt aus der x-t-Schreiber-Messung ($S \cdot 10^{-12}$)

Fehler für logarithmischen Skala:

$$\log_{10}(u_i) := z$$

$$\Rightarrow \frac{\partial z}{\partial u} = \frac{1}{\ln(10)} \cdot \frac{1}{u_i} \Rightarrow s_z = \frac{1}{\ln(10)} \frac{\Delta u}{u_i}$$

$$T = \frac{1}{z} = -\frac{\Delta T}{\Delta u} = -\frac{T_2 - T_1}{\ln(u_2) - \ln(u_1)}, u_i = \frac{A(t)}{A_0}$$

Steigungsdreiecke beginnen im Ursprung $\Rightarrow T_1 = 0$, $u_1 = 1 \rightsquigarrow \ln(1) = 0$

$$\Rightarrow z = -\frac{T_2}{\ln(u_2)}, s_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial T_2} s_{T_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial u_2} s_{u_2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_2}{\ln(u_2)}\right)^2 + \left(\frac{T_2}{u_2 \ln(u_2)} s_{u_2}\right)^2}$$

Der Fehler von s_{u_2} wird mit einem vorher berechneten Fehler

$$\text{von } k = \frac{A(t)}{A_0} \text{ abgeschätzt}$$

Vergleich mit theoretischen Werten

$$z = \frac{1}{l}, s_z = \left| \frac{\partial z}{\partial l} \right| \quad (\text{aus Fehlerfertpflanzungsgesetz})$$

$$z_{0,3} = (0,1436 \pm 0,0006) \frac{1}{\text{s}}$$

$$z_{0,5} = (0,405 \pm 0,013) \frac{1}{\text{s}}$$

$$z_{0,8} = (0,99 \pm 0,15) \frac{1}{\text{s}} \quad \checkmark$$

$$\text{Aus (6.1.1)} \quad \bar{w}_0 \approx (3,40 \pm 0,23) \frac{1}{\text{s}}, \text{ wobei } s_{\bar{w}_0} = \frac{1}{2} \sqrt{(w_{0,3} s_{w,0})^2 + (w_{0,5} s_{w,0})^2}$$

$$w = \sqrt{\bar{w}_0^2 - z^2}, s_w = \sqrt{\left(\frac{\bar{w}_0}{w}\right)^2 s_{\bar{w}_0}^2 + \left(\frac{z}{w}\right)^2 s_z^2}$$

	theoretisch	experimentell
$\omega_{0,3}$	$(3,40 \pm 0,23) \frac{1}{3}$	$(3,74 \pm 0,07) \frac{1}{3}$
$\omega_{0,5}$	$(3,38 \pm 0,23) \frac{1}{5}$	$(3,93 \pm 0,13) \frac{1}{5}$
$\omega_{0,8}$	$(3,25 \pm 0,24) \frac{1}{8}$	$(4,19 \pm 0,30) \frac{1}{8}$

Siehe Kommentar bei
angedruckter Tabelle

Bei direktem Vergleich sieht man, dass die experimentellen Werte deutlich über den theoretischen Werten liegen.

Denn Ein Punkt könnte ihr ausreichen bzw. quantitative Geschwindigkeit des der Ausgabe des x-t-Schriften abstrahieren. Da erscheint es hier kein sinnvoll.
Aber auch ist zu berücksichtigen, dass im Fall von

Wir hätten auch die Halbschwingungen verworfen können um mehr Daten erhalten $I_0 = 0,8 \text{ A}$ die Messung nur noch 3 Messwerte gefilpert hat, was die Messung noch nicht konkret aussagekräftig macht.

Gültigkeit der Lösung von $x(t) = A_0 \cos(\omega t) e^{-\gamma t}$

Lösung gültig wenn $\gamma \ll \omega_0 \Rightarrow \frac{\gamma}{\omega_0} \ll 1$

I_0	0,3 A	0,5 A	0,8 A
$\frac{\gamma}{\omega_0}$	0,044	0,119	0,29

Hierbei erkennt man, dass die Näherung für die ersten beiden Messungen noch anwendbar ist. Wobei bei $I_0 = 0,8 \text{ A}$ dies nicht mehr der Fall ist. ✓

3) Diskussion aperiodischer Grenzfall

Für einen Dämpfungsstrom von $I_0 = 1,65 \text{ A}$ sieht man nur noch eine ~~kurze~~ Schwingung. Danach kommt die Schwingung des Pendels zum Erliegen.

Aus FzV (1) (S.2)

$$x(t) = (B_1 + B_2 t) e^{-\gamma t}, \text{ für } x(0) = A_0, x(T) = 0$$

$$\Rightarrow B_1 = A_0, \quad B_2 = -\frac{A_0}{T}$$

$$\Rightarrow x(t) = A_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) e^{-\gamma t}$$

Wenn man die Ergebnisse aus (6.2.2) von $\frac{x_0}{\omega_0}$ zur Betrachtung zieht, wird deutlich, dass der dieser Auftent immer näher an λ den Wert 1 konvergiert. Weswegen die Einstellung von $1,65 \text{ A}$ als sehr realistische betrachtet werden kann, da durch höhere Dämpfungsströme die zuvor besprochene Konvergenz eintritt. Womit die Voraussetzung aus FzV Aufgabe 1 (S.2) mit $\gamma_0^2 = \omega_0^2$ erfüllt ist.

Somit argumentiere konnte man aber auch für einen Wert von $0,5 \text{ A}$ oder $2,0 \text{ A}$.

$\nu_1 = 246 \neq 2 \cdot 60 (= 120)$, auch ν_2 für beide Dämpfungssymme-

Nr.	Skalierung	2phi0 in cm	phi0 in cm	w0/w0	phi0/phi0	2phiA in cm
1	0,50	1,10	0,28	+/-	0,014	0,42
2	1,00	1,50	0,38	+/-	0,014	0,61
3	1,20	2,00	0,50	+/-	0,014	0,68
4	1,50	2,20	0,55	+/-	0,014	0,79
5	1,75	6,10	1,53	+/-	0,014	0,88
6	1,85	10,70	2,68	+/-	0,015	0,92
7	1,95	17,30	4,33	+/-	0,016	0,96
8	2,00	15,00	3,75	+/-	0,010	0,97
9	2,05	10,20	2,55	+/-	0,010	0,99
10	2,20	4,20	1,05	+/-	0,010	1,05
11	2,40	2,50	0,63	+/-	0,010	1,12
12	2,50	7,00	1,75	+/-	0,014	1,16
13	3,50	1,90	0,48	+/-	0,014	1,52
14	5,00	1,00	0,25	+/-	0,014	2,08
15	7,00	0,50	0,13	+/-	0,014	2,81
16	9,50	0,20	0,10	+/-	0,027	3,73

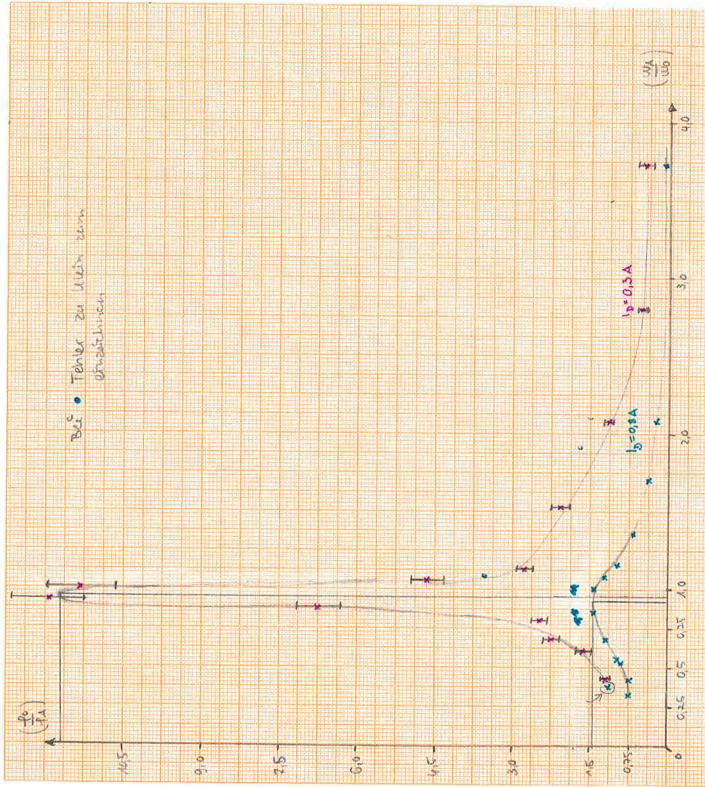
(*) Zield Praktikum an Leitung:
Hierzu siehe oben diese Daten.
Unterliegt jeweils das minimale
und maximale Wert von 10.

Nr.	Skalierung	2phi0 in cm	phi0 in cm	w0/w0	phi0/phi0	2phiA in cm
1	0,20	2,00	0,027	+/-	0,31	0,78
2	0,40	2,90	0,027	+/-	0,33	0,028
3	0,50	2,00	0,027	+/-	0,39	1,14
4	0,75	2,30	0,027	+/-	0,42	0,78
5	0,85	2,50	0,027	+/-	0,55	+/-
6	1,20	3,10	0,028	+/-	0,68	1,22
7	1,50	3,40	0,028	+/-	0,79	1,33
8	1,65	3,70	0,028	+/-	0,85	1,45
9	1,75	3,70	0,028	+/-	0,88	1,45
10	1,85	3,70	0,028	+/-	0,92	1,45
11	1,95	3,70	0,028	+/-	0,96	1,45
12	2,00	3,70	0,028	+/-	1,01	1,45
13	2,05	3,70	0,028	+/-	1,09	1,45
14	2,10	3,50	0,028	+/-	1,17	1,45
15	2,25	3,10	0,027	+/-	1,21	1,45
16	2,50	2,50	0,027	+/-	1,16	0,98
17	3,00	1,70	0,027	+/-	1,45	1,45
18	3,70	1,85	0,028	+/-	1,45	1,45
19	4,00	1,75	0,028	+/-	1,45	1,45
20	9,50	0,00	0,020	+/-	0,024	0,024

Schelle Wellen / sehr auf Muster abgestimmt
Hier sollte die 1. und 2. Harmonische
unterliegen einer kleinen Abweichung

Hier sollte die 1. und 2. Harmonische
unterliegen einer kleinen Abweichung

Hier sollte die 1. und 2. Harmonische
unterliegen einer kleinen Abweichung



6.2) Erzeugung Schwingung

$$1) \frac{\omega_A}{\omega_0} = \omega_A/\omega_0 - \text{Diagramm}$$

Aus Diagramm im Messprotokoll folgt

$$\frac{\omega_A}{\omega_0} = 0,367 \cdot S + 0,24$$

wobei von 1-4 jeweils die mit S Schaltstellung/Taktzahl Motor drehzahl

Höhen gemessen wurde.

Unsicherheit
Formuliert.

$\Delta = \frac{1}{2} A_{\text{Amplitude}}$

$\left\{ \frac{\omega_A}{\omega_0} = \frac{1}{2} (\text{Messwert}), \text{ da der x-t-Schreiber die doppelte Amplitude registriert.} \right.$

Gemessen wurde mit einem Coochieche, selben Fehler wie in der vorherigen Auswertung. Wobei der Fehler nach halbfat wird.

$$q = \frac{\omega_A}{\omega_0} \sim s_q = \sqrt{\left(\frac{29}{29_p} s_{p0} \right)^2 + \left(\frac{29}{29_A} s_{A0} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} s_{p0} \right)^2 + \left(\frac{10}{p_A^2} \cdot s_{pA} \right)^2}$$

Zu beachten ist, dass s_A mit einer Genauigkeit von 0,5 V gemessen wurde und die restlichen Messwerte mit 1 V (Für $I_0 = 0,81$)

!

Im Protokoll steht z.B. bei $I_0 = 0,81$ A wurde nur ein Messwert mit der Genauigkeit von 1 V gemessen die anderen alle mit 0,5 V

(Messwert bei ~~0,81~~ 9,5 zu 0,2 cm)?

Weiterhin wurde Messwert Nr. 2 bei $I_0 = 0,81$ und

Nr. 12 bei $I_0 = 0,31$ ausgesondert, da diese für diesen Bereich zu hoch ausgefallen sind (Abweichung).

Zudem wurde Messwert Nr. 7 und 8 bei $I_0 = 0,31$ nicht in die Auswertung genommen, da diese zu starken Anstieg aufweisen für solch eine kleine Änderung der Schaltung. Gründe hierfür können

Aber laut

Protokoll

hat ihr

doch die

Empfindlichkeit

bei den "roten"

Werten nicht

geändert. So ein Fehler sollte euch nicht unterlaufen!

dieses Grund warum kann die eingestellte Empfindlichkeit des x-t-Schreibers sein.

All die ausgesonderten Messwerte wurden "rot" in der Tabelle markiert.

2) Treppeneffekt

Der Treppeneffekt ist auf S. 15 ~~sehr~~ nicht sehr genau erkennbar, aber vorhanden. Es kann nämlich ~~die~~ Schreiber Einstellungen anpassen.

Dieser Effekt entsteht durch Zusammenspiel der analogen-digital-Wandlers und der x-t-Schreiber (und der Dämpfung durch den Elektromotor.)

Da der x-t-Schreiber durch den Digital-Analog-Wandler Hell-Dunkel-Paare ~~registriert~~ registriert, hilft die Lichtschranke (s. Praktikumsskript ES 4), kommt es bei der Abremse des Elektromotors kurz zu einem Stop des Rades.

Dabei bedeutet die Lichtschranke entweder einen dunklen oder hellen Bereich für kurze Zeit.

Dies resultiert in einem ~~Abfall~~ Abfall in der Aufzeichnung des Redtecsignals.

Da der Elektromotor vor und nach der Maximalauslenkung abremst tritt dieser Effekt symmetrisch zu dem maximal Peak auf.

Verdiente Auflösung des Encoders

! Treppeneffekt tritt auch bei (langsam) Bewegung des Pendels auf, nicht nur unmittelbar am Umkehrpunkt!

3) $(\omega_A/\omega_0)_{\max}$ und $(\frac{\rho_0}{\rho_A})_{\max}$

Aus FzV Aufgabe 6 und 5 (S. 4-5)

$$\left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = \sqrt{1 - \frac{2\alpha^2}{\omega_0^2}} =: k$$

$$k = \sqrt{\left(\frac{\partial \omega}{\partial x} s_x\right)^2 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} s_y\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2\alpha}{k\omega_0^2} s_x\right)^2 + \left(\frac{1}{k} \cdot \frac{2\alpha^2}{\omega_0^2} s_y\right)^2}$$

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_A}\right)_{\max} = \frac{\omega_0^2}{2\alpha \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}} =: q$$

$$q = \sqrt{\left(\frac{\omega_0^2 - 2\alpha^2}{2\alpha (\omega_0^2 - \alpha^2)^{3/2}} s_y\right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 (\omega_0^2 - 2\alpha^2)}{2\alpha^2 (\omega_0^2 - \alpha^2)^{3/2}} s_x\right)^2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = (1,00 \pm 0,01) \quad \left. \right\} I_D = 0,3A$$

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_A}\right)_{\max} = (1,15 \pm 0,8)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = (0,91 \pm 0,07) \quad \left. \right\} I_D = 0,8A \quad \checkmark$$

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_A}\right)_{\max} = (1,79 \pm 0,27)$$

Wobei Werte aus (6.1.2) entnommen wurden.

Aus Zeichnung entnommen mit Geodreieck ausgemessen \Rightarrow Fehler

wie davor mehrfach besprochen.

$$\left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = (1,170 \pm 0,06) = \left(\frac{\rho_0}{\rho_A}\right)_{\max} \quad \left. \right\} I_D = 0,3A$$

$$\left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = (0,95 \pm 0,05)$$

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_A}\right)_{\max} = (1,143 \pm 0,05) \quad \left. \right\} I_D = 0,8A \quad \checkmark$$

$$\left(\frac{\omega_A}{\omega_0}\right)_{\max} = (0,93 \pm 0,05)$$

Der direkte Vergleich zwischen den berechneten Werten

und den aus der Messung entnommenen Werten

sind

~~höher~~ im Bereich der Genauigkeit ~~gleich~~ gleich.

Mehrere Abweichungen lassen sich auf die Empfindlichkeitsjustierung des x-t-Schreibers zurückführen.

Nicht klar,
was hier
gemeint
ist.
QB

7. Zusammenfassung und Fazit

In diesem Versuch soll den Experimentatoren das Konzept der "Erzeugung einer Schwingung" beigebracht werden.

Dabei erlernte vor allem die Person den Umgang mit dem Polohischen Rad und dem x-t-schreiber.

Weiterhin wurde in der Auswertung die Logarithmische Auftragung mit dem errechnen der Fehlerballen.

Auch durch Aufzeichnen der einzelnen Resonanzkurven wurden den Experimentatoren klar, wie diese leisten für unterschiedliche Dämpfungen aussieht.

Dieses Experiment dient auch als gute Vorbereitung zu Oszillation in Mechanik und Elektrotechnik, wobei hier Elektromagnetischer Schwingungen als Beispiel erwähnt werden sollte. Auch das Pohl'sche Rad wird im Prinzip auch in Versuchen zur Stromspannungs-Kennlinie und komplexen Widerständen Anwendung finden. ✓

Noja ...

1. Fragen zur Vorbereitung (Minuspunkte) (2,5 - 4 P.)
 2. Protokoll/Versuchsaufbau/Durchführung (2 / 4 P.)
 3. Form (0,5 / 2 P.)
 4. Auswertung: Freie Schwingungen
 - 4.1. Formel (1 / 1 P.)
 - 4.2. ω_0 für ungedämpftes System (1 / 1 P.)
 - 4.3. ω für gedämpftes System + Vergleich mit theoretischer Erwartung (0,5 / 1 P.)
 - 4.4. Zeitkonstanten für verschiedene Dämpfungsströme (1 / 2 P.)
 - 4.5. Graph auf halblogarithmischem Papier (1 / 1 P.)
 - 4.6. Aperiodischer Grenzfall (0,5 / 1 P.)
 - 4.7. Diskussion (0,5 / 1 P.)
 5. Auswertung: Erzwungene Schwingungen
 - 5.1. Resonanzkurven (1 / 2 P.)
 - 5.2. Treppeneffekt (0,5 / 1 P.)
 - 5.3. Lage und Höhe der Maxima + Vergleich mit Theorie (1 / 2 P.)
 - 5.4. Diskussion (0,5 / 1 P.)
 6. Bonuspunkte (0,5)
- Summe** (14 / 20 P.)

04.09.2020

[Handwritten signature]