

SCHWINGUNGSFORMEN AN GEKOPPELTEN TORSIONSPENDELN MIT ZUSATZMASSE

Im Rahmen der Veranstaltung: Modellierung und
Simulation physikalischer Systeme
Dozent: Prof. Dr. Stefan Kontermann SoSe2024

Hunter Dennis und Daniele Alice

11.07.2024

INHALT

1. Aufgabenstellung
2. Verschiedene Schwingungsfälle
3. Animation
4. Programm Vorführung
5. Quellen

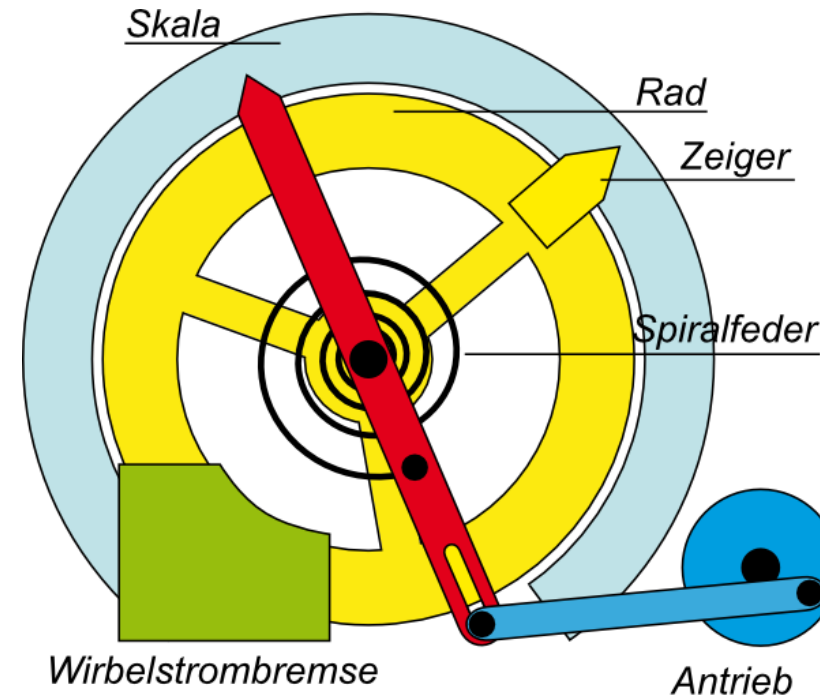


Abb. 1: Aufbau Pohl'sches Rad [\[1\]](#)

1. AUFGABENSTELLUNG

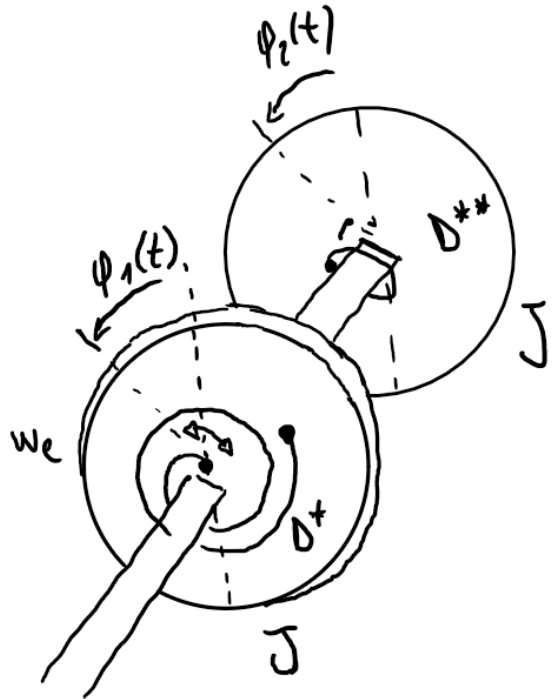


Abb. 2a: Skizze zwei gekoppelter Torsionspendel

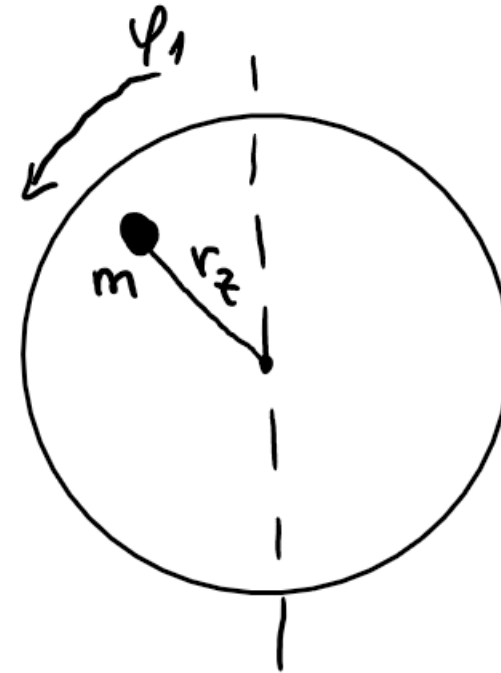


Abb. 2b : Skizze Torsionspendel 1 mit Zusatzmasse m

1. AUFGABENSTELLUNG: UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES EINER ZUSATZMASSE

Parameter:

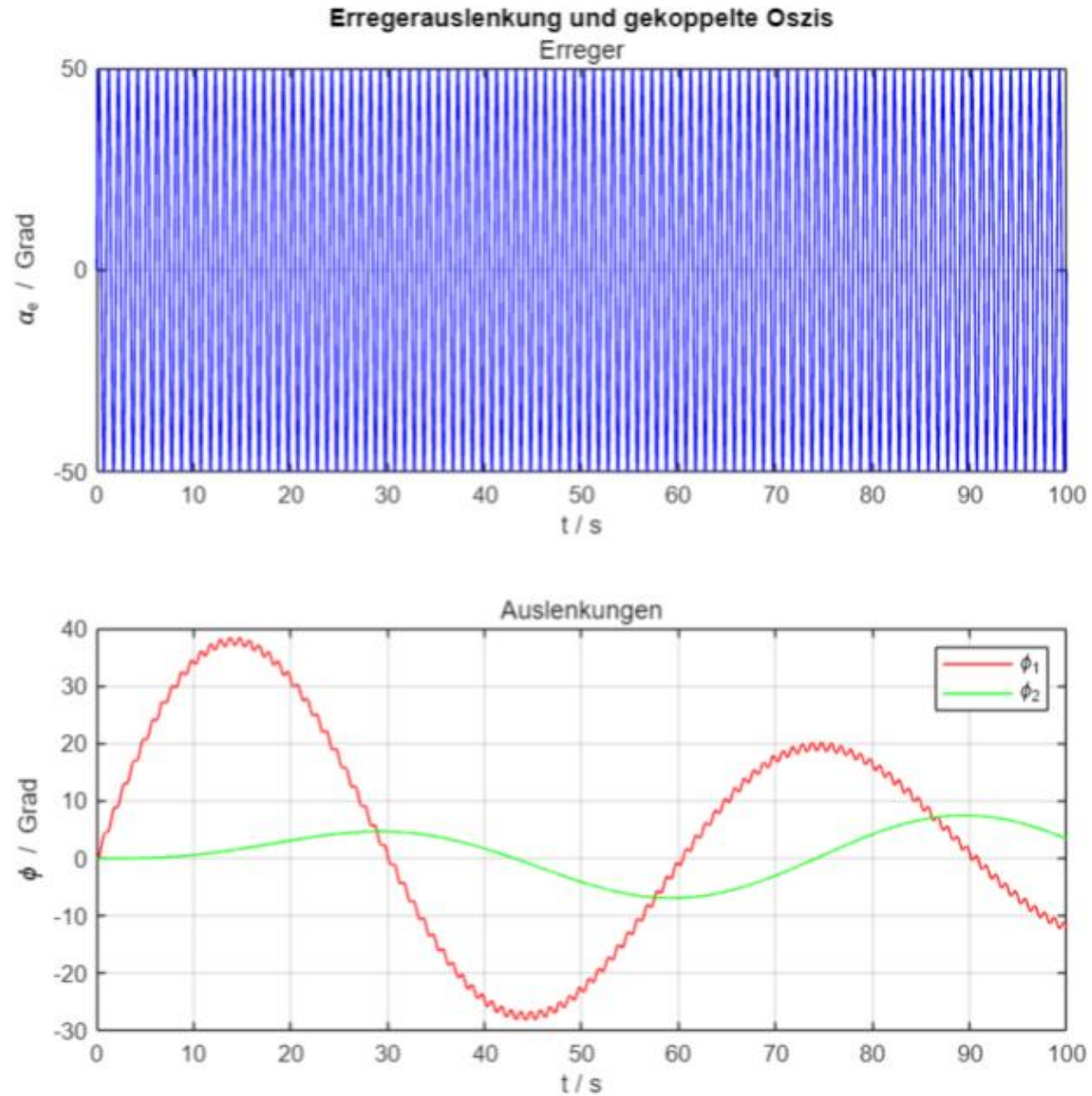
- Trägheitsmoment: J
- Torsionsfederkonstante der beiden Rückstellfedern: D^*
- Torsionsfederkonstante der Kopplungsfeder: DD^*
- Dämpfungskoeffizient: b^*
- Zusatzmasse: m
- Abstand Zusatzmasse von Achse: r_z

Anfangsbedingungen:

- $\varphi_1(0)$ und $\dot{\varphi}_1(0)$
- $\varphi_2(0)$ und $\dot{\varphi}_2(0)$

$$\ddot{\varphi}_1 + \frac{b^*}{J} \dot{\varphi}_1 + \frac{D^*}{J} \varphi_1 + \frac{D^{**}}{J} (\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{m \cdot g \cdot r_z \cdot \sin(\varphi_1)}{J} = 0$$

2. VERSCHIEDENE SCHWINGUNGSFÄLLE



Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.01 \text{ Nm}$$

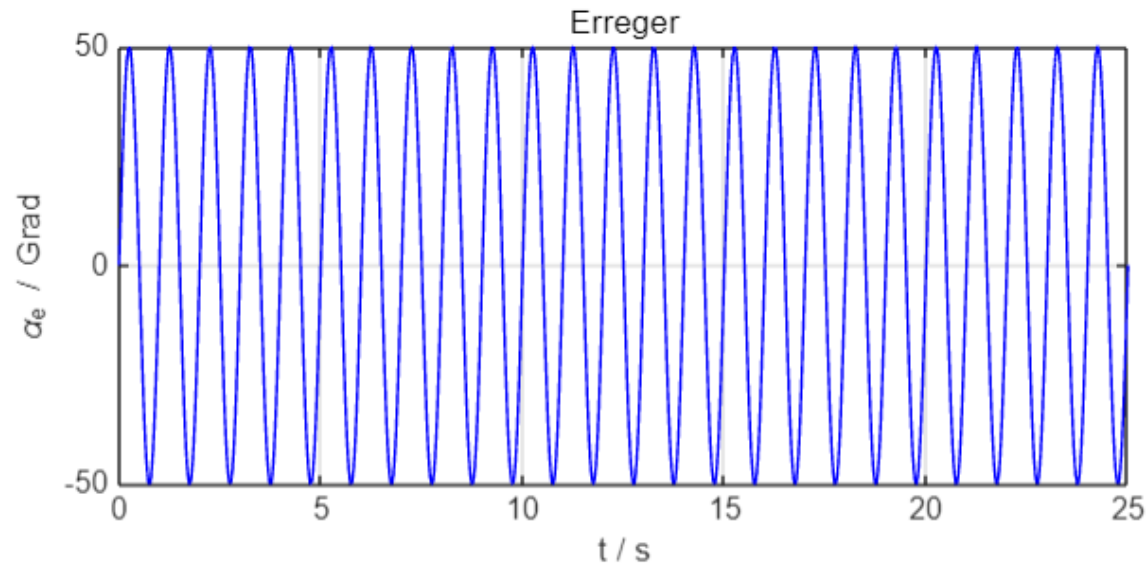
$$b = 0.20 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 0 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 1.0 \text{ Hz}$$



Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.01 \text{ Nm}$$

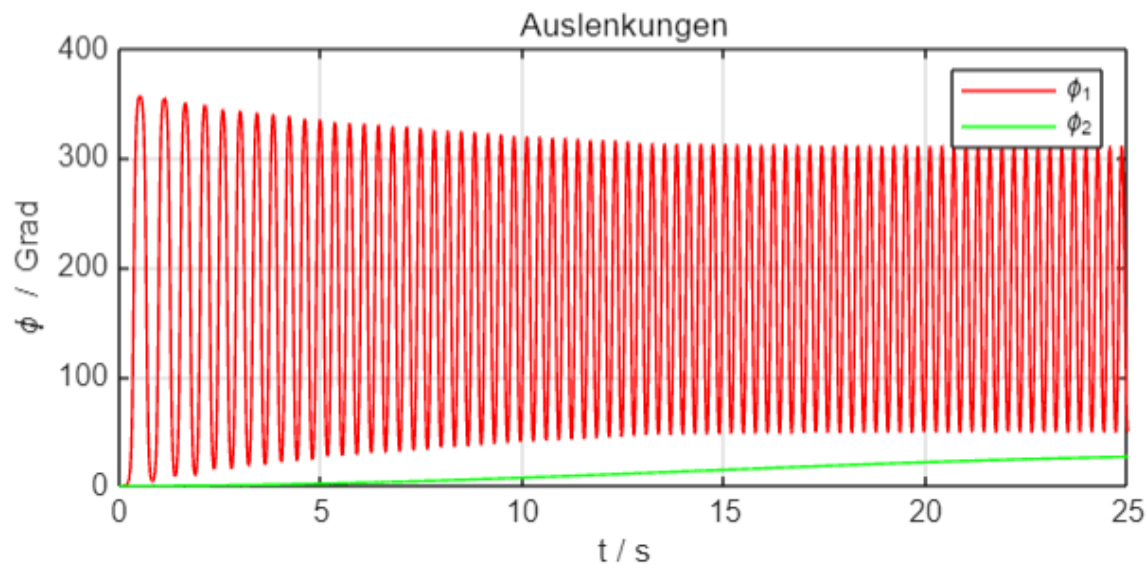
$$b = 0.20 \text{ Nms}$$

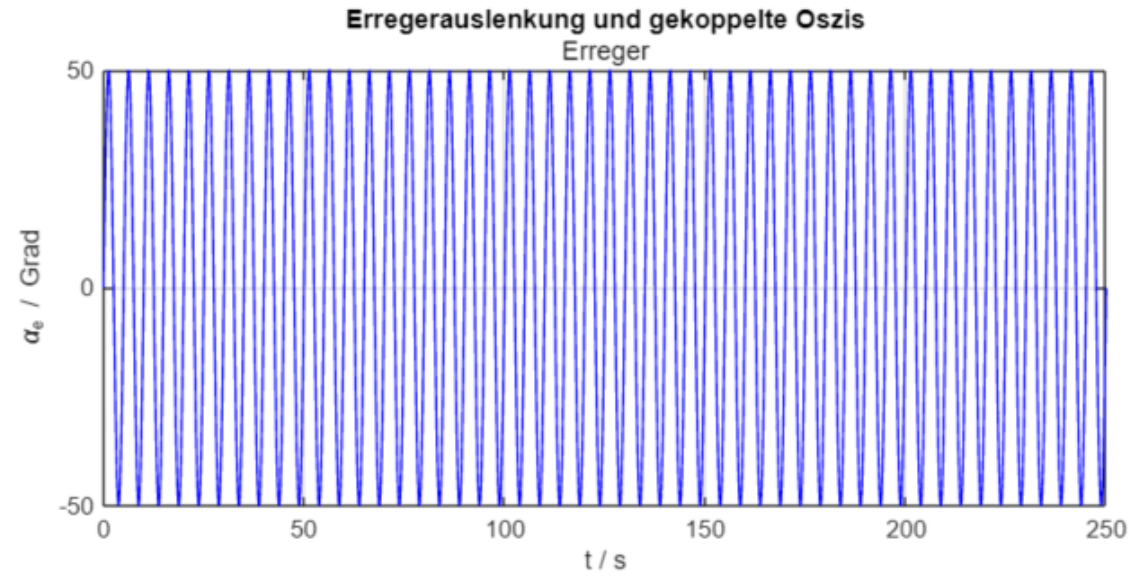
$$\alpha_{e,\max} = 50.0^\circ$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 1.0 \text{ Hz}$$





Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$b = 0.00 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 0 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.2 \text{ Hz}$$

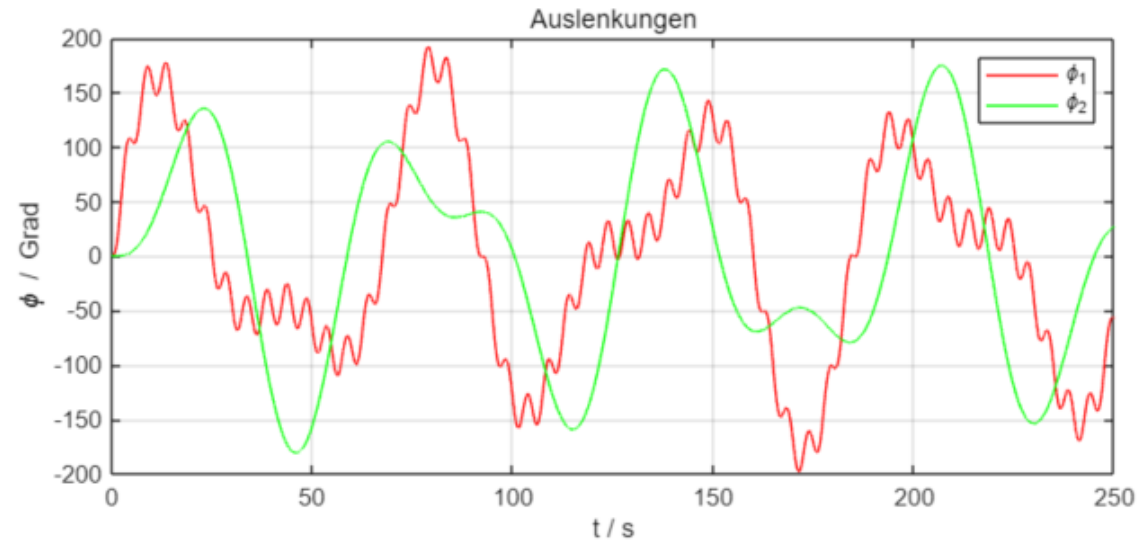
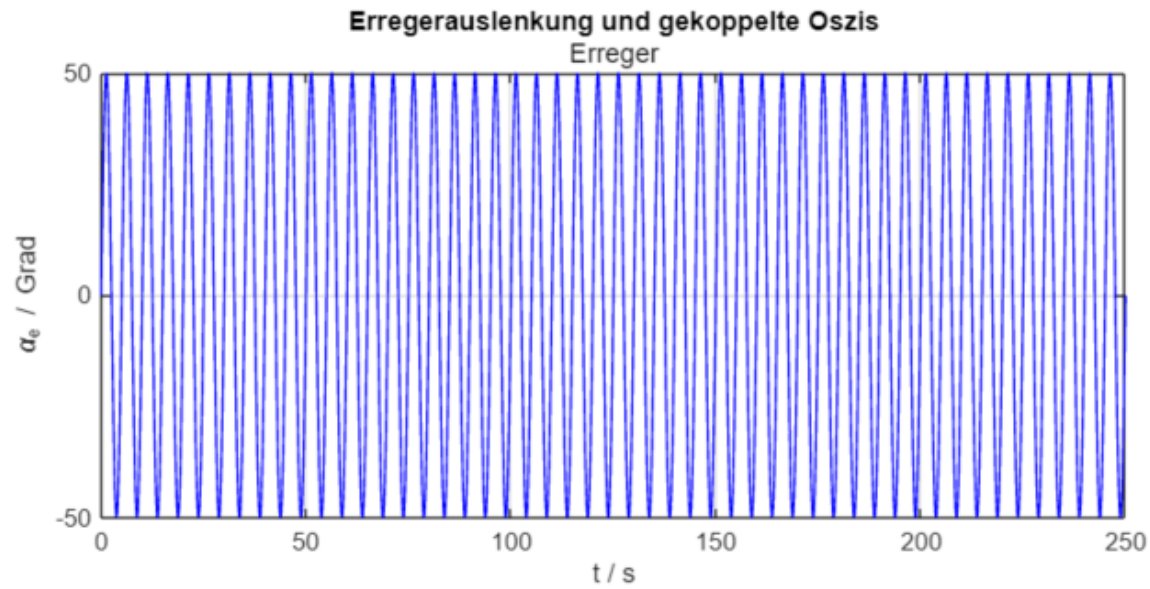


Abb.5 Ungedämpfte Erzwungene Schwingung ohne Zusatzmasse



Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ Nm}$$

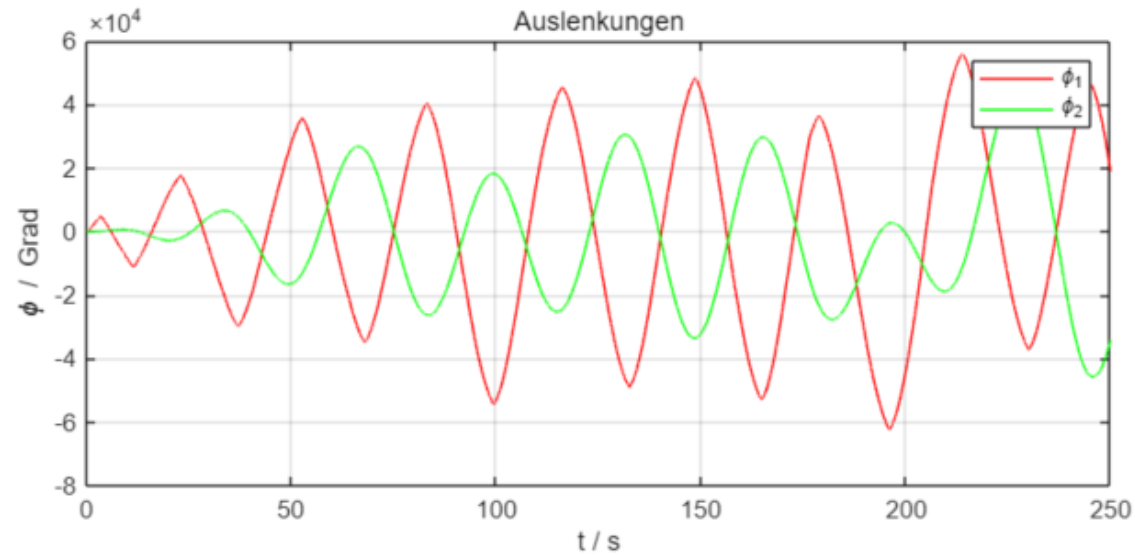
$$b = 0.00 \text{ Nms}$$

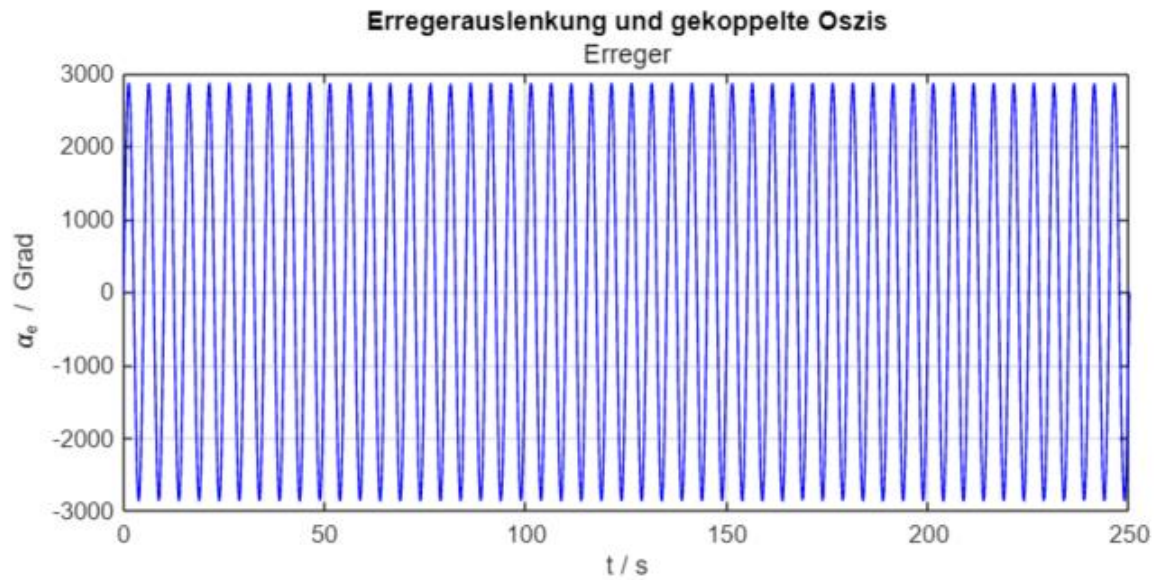
$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.2 \text{ Hz}$$





Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ Nm}$$

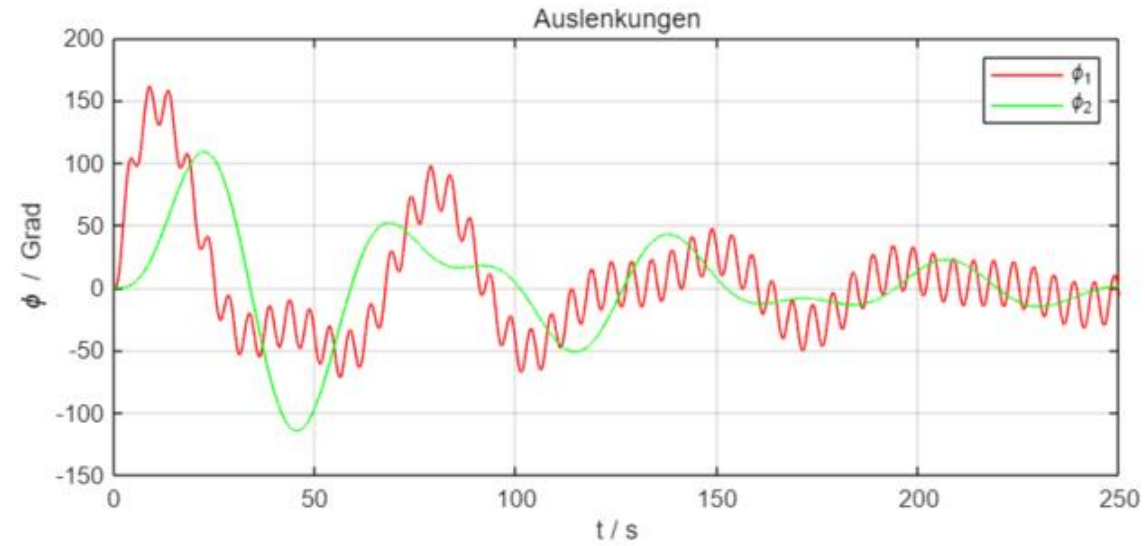
$$b = 0.20 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 0 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.2 \text{ Hz}$$





Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ Nm}$$

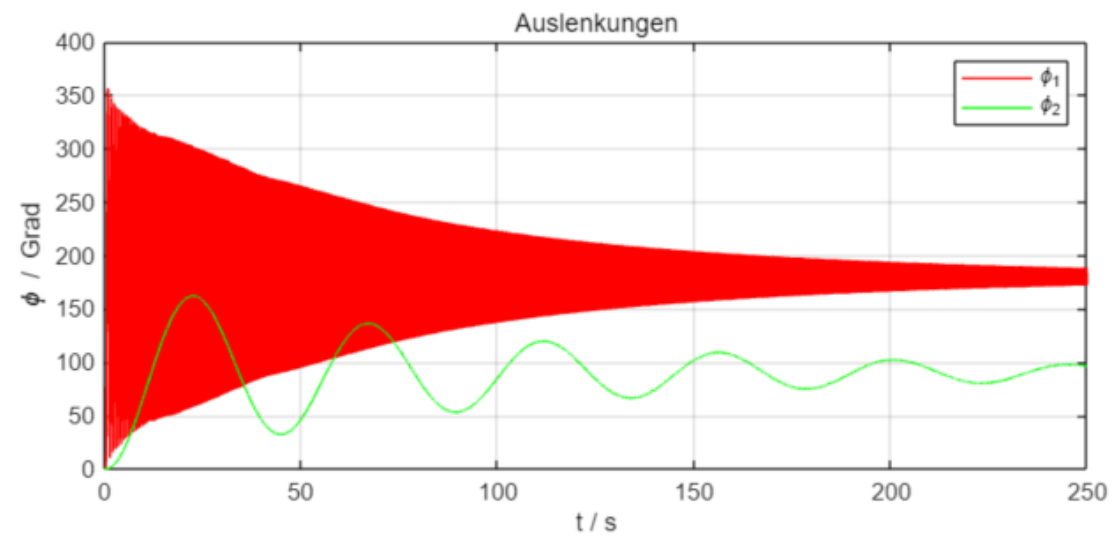
$$b = 0.20 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.2 \text{ Hz}$$





Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.00 \text{ Nm}$$

$$b = 1.00 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 50.0^\circ$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.1 \text{ Hz}$$

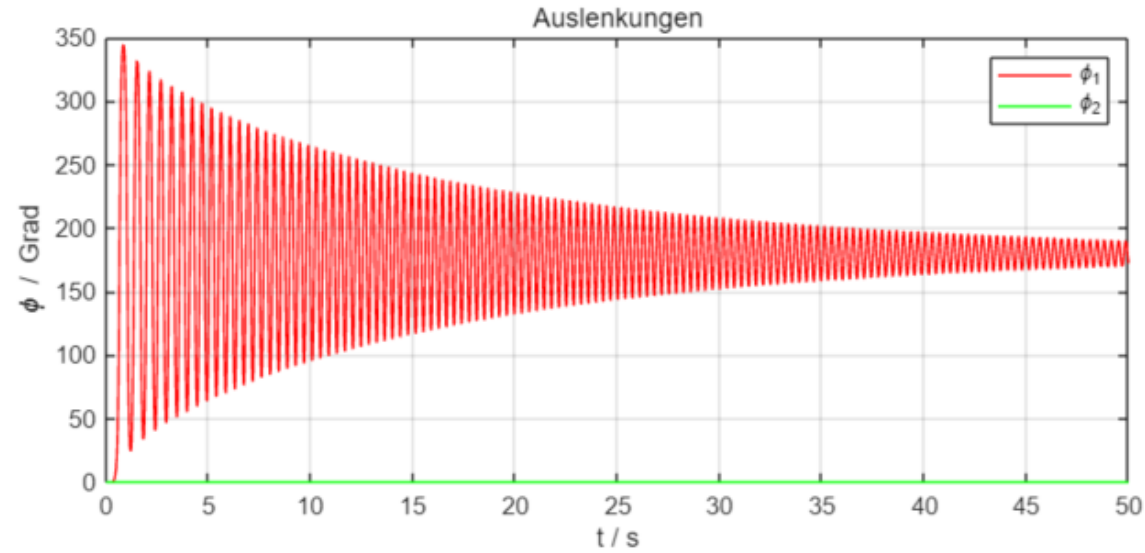


Abb.9 Entkoppelt ($D^{**} = 0$)

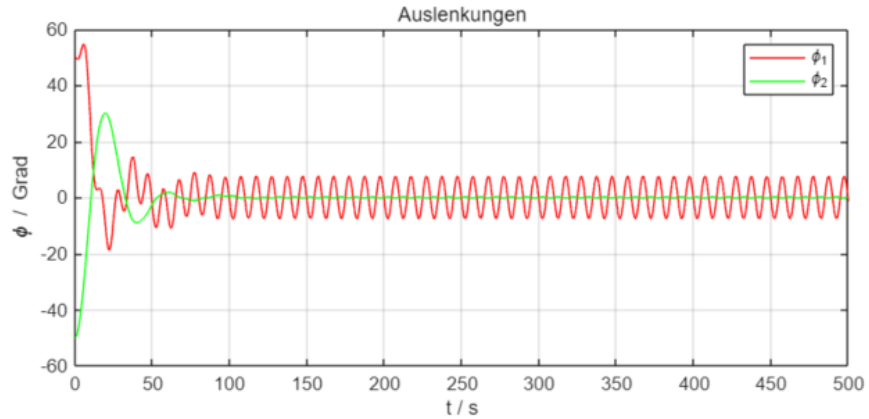
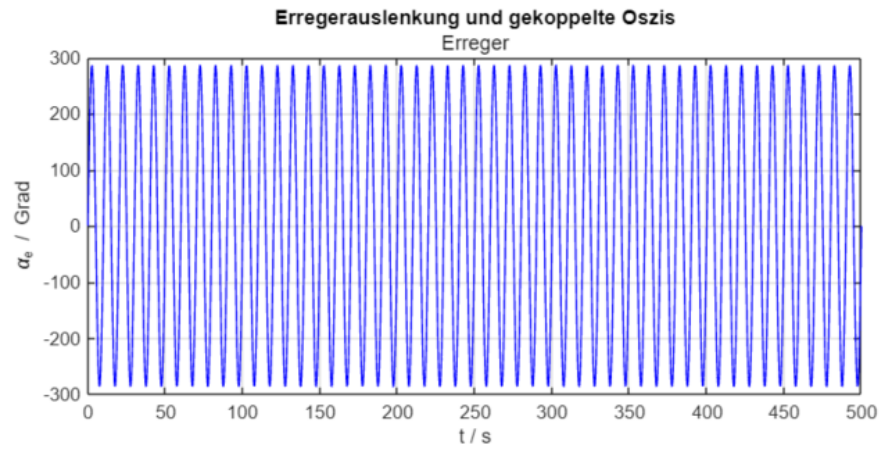


Abb.10a Symmetrische Normalschwindung
ohne Zusatzmasse

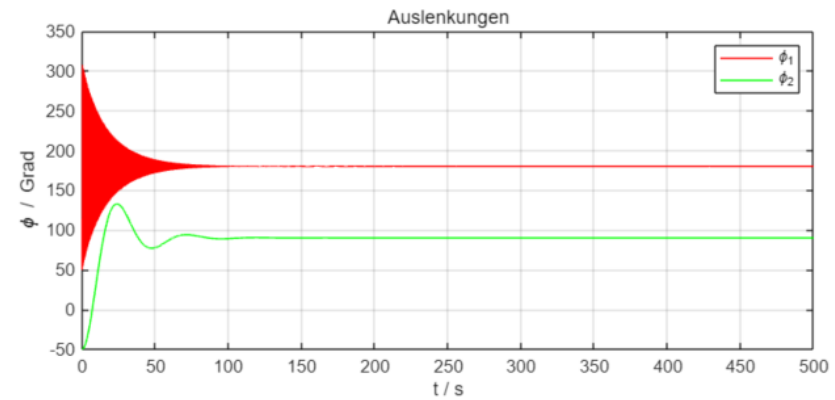
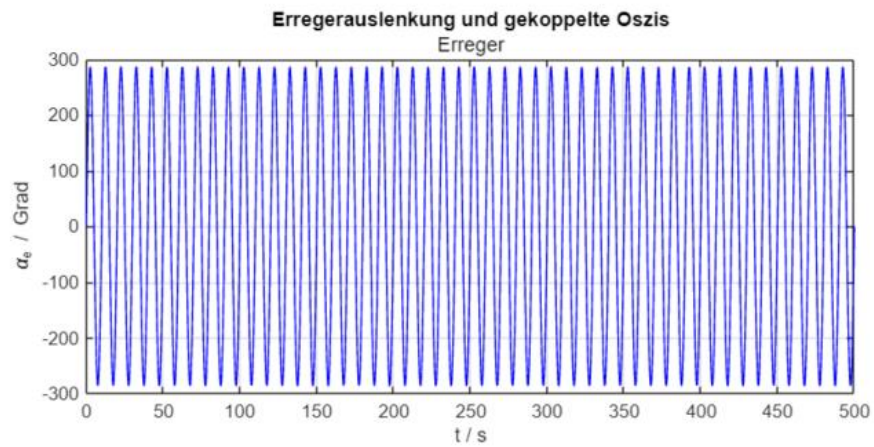


Abb.10b Symmetrische Normalschwindung
mit Zusatzmasse



Anfangsbedingungen:
 $\phi_1(0) = 50^\circ$
 $\phi_2(0) = 50^\circ$
 $\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$
 $\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$

Systemparameter:
 $J = 10.00 \text{ kgm}^2$
 $D_1 = 0.10 \text{ Nm}$
 $D_2 = 0.10 \text{ Nm}$
 $b = 1.00 \text{ Nms}$
 $\alpha_{e,\text{max}} = 5.0^\circ$
 $m = 0 \text{ g}$
 $d_m = 100 \text{ mm}$
 $f_e = 0.1 \text{ Hz}$

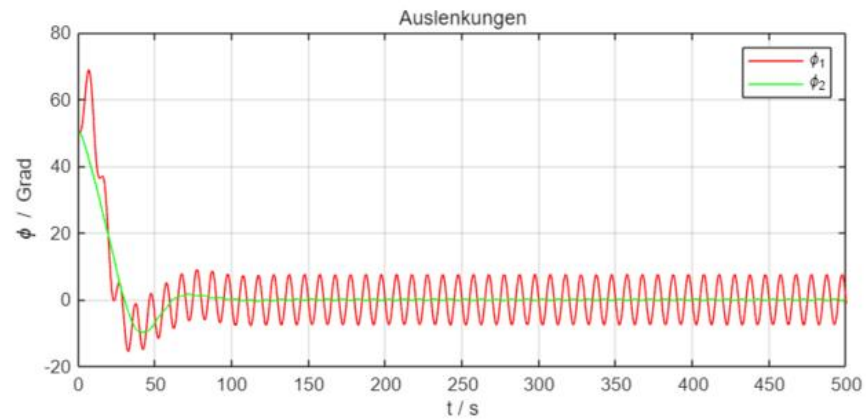
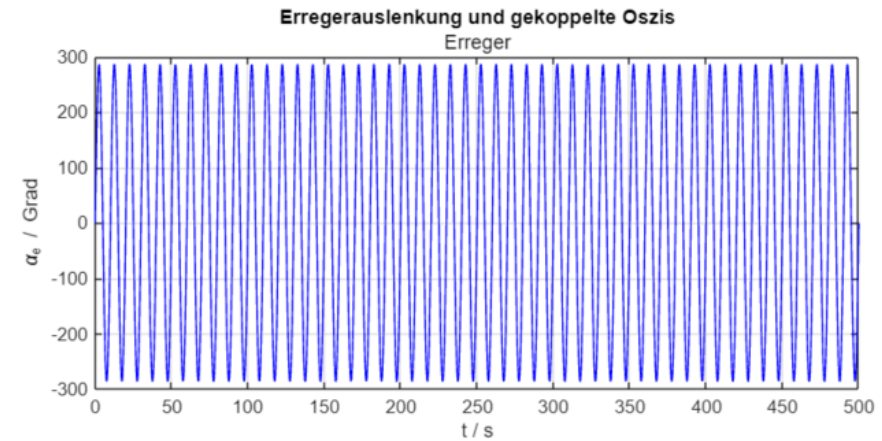


Abb.11a Antisymmetrische Normalschwindung
ohne Zusatzmasse



Anfangsbedingungen:
 $\phi_1(0) = 50^\circ$
 $\phi_2(0) = 50^\circ$
 $\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$
 $\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$

Systemparameter:
 $J = 10.00 \text{ kgm}^2$
 $D_1 = 0.10 \text{ Nm}$
 $D_2 = 0.10 \text{ Nm}$
 $b = 1.00 \text{ Nms}$
 $\alpha_{e,\text{max}} = 5.0^\circ$
 $m = 100 \text{ g}$
 $d_m = 100 \text{ mm}$
 $f_e = 0.1 \text{ Hz}$

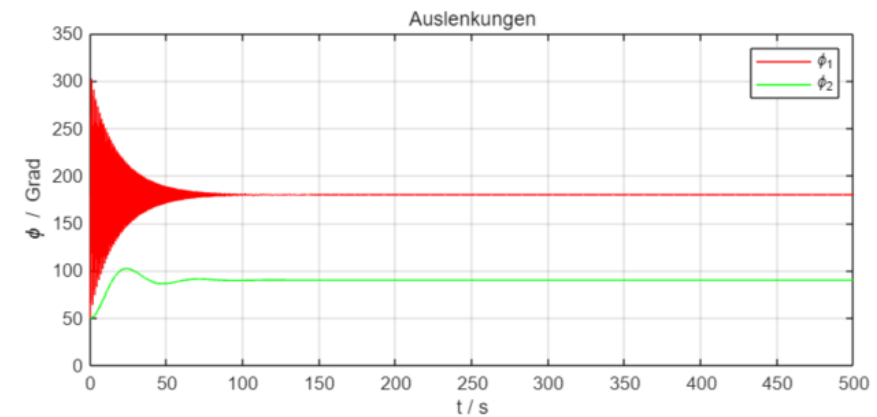
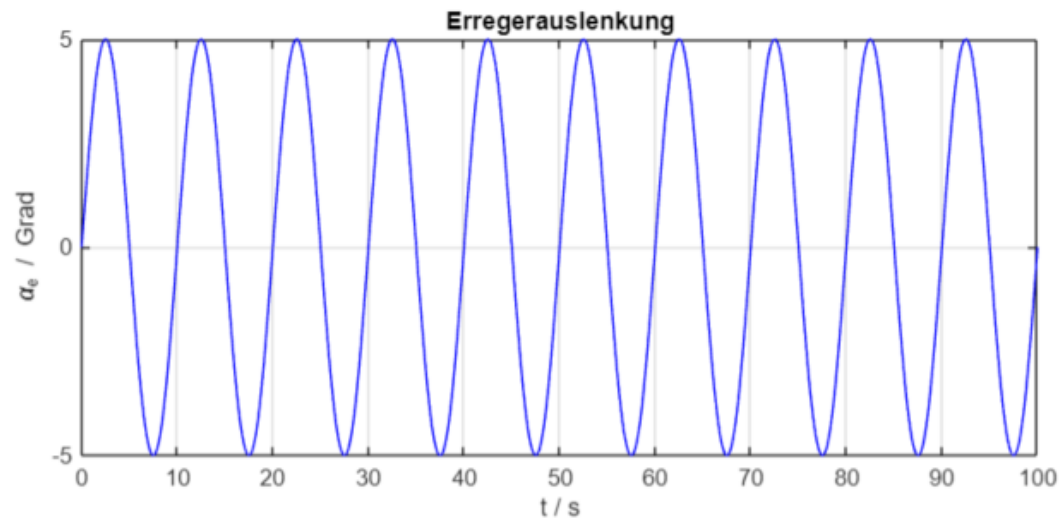


Abb.11b Antisymmetrische Normalschwindung
mit Zusatzmasse



Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 50^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 10.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.10 \text{ Nm}$$

$$b = 1.000 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\text{max}} = 5.00^\circ$$

$$m = 0 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.10 \text{ Hz}$$

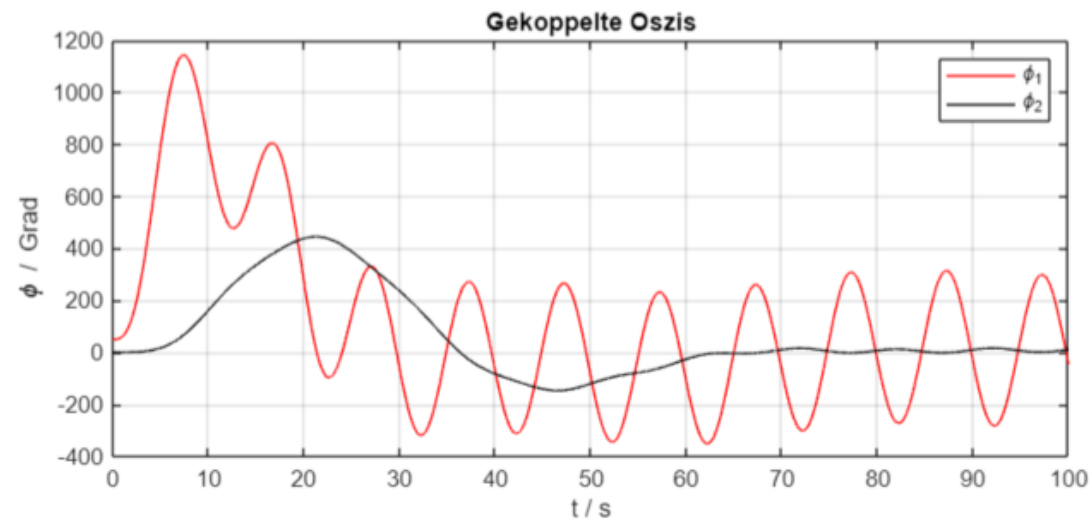
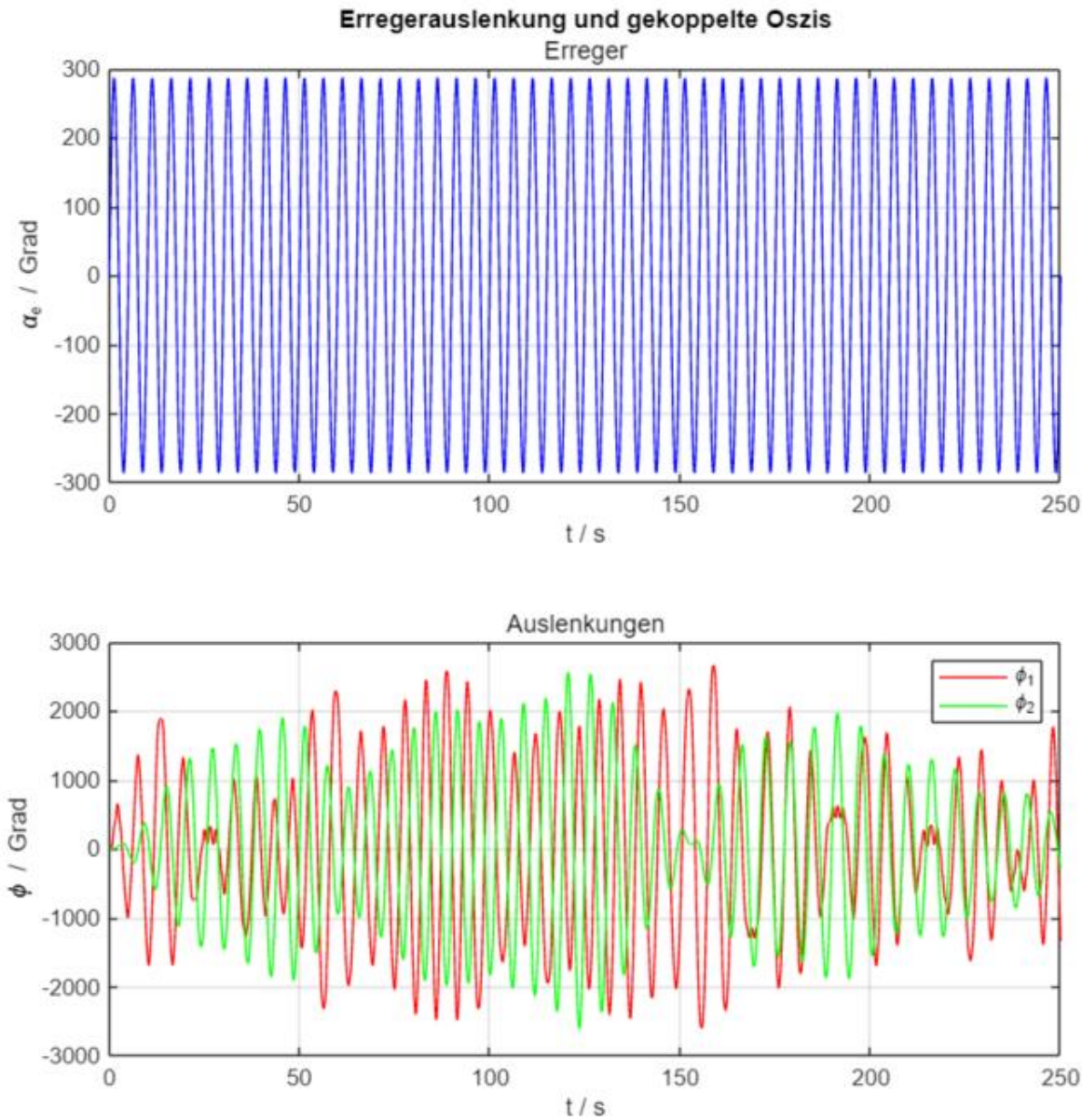


Abb.12 Schwebung ohne Zusatzmasse



Systemparameter

| | |
|---------------------------------------|------|
| Trägheitsmoment J [kgm ²] | 10 |
| Federkonstante 1 D [Nm] | 9.81 |
| Federkonstante 2 [Nm] | 1 |
| Bremse b [Nms] | 0 |
| Erregeramplitude alpha_emax [grad] | 5 |
| Masse [g] | 1000 |
| Abstand der Masse [mm] | 1000 |
| Erregerfrequenz [Hz] | 0.2 |

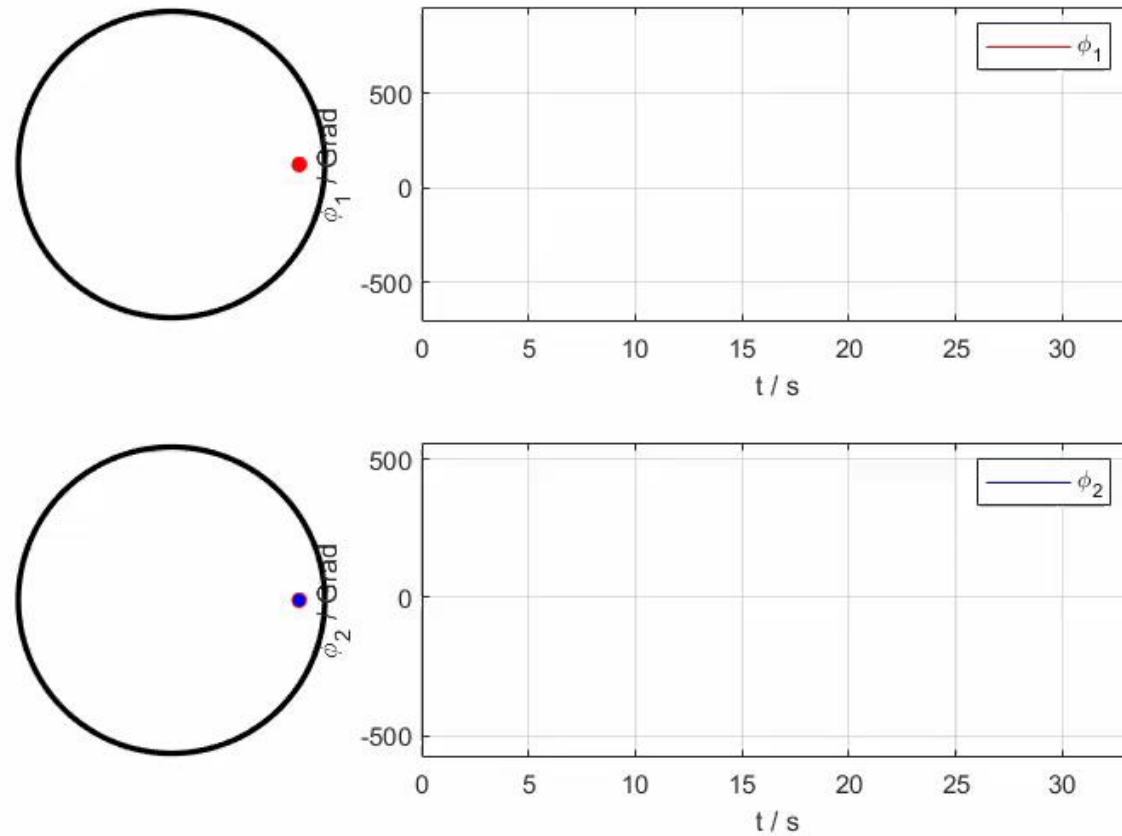
Anfangsbedingungen

| | |
|--------------------------------------|---|
| Auslenkungswinkel 1 t=0 [grad] | 0 |
| Auslenkungswinkel 2 t=0 [grad] | 0 |
| Winkelgeschwindigkeit 1 t=0 [grad/s] | 0 |
| Winkelgeschwindigkeit 2 t=0 [grad/s] | 0 |

Abb.12 Chaotisches Verhalten, wenn $m \cdot r_z \cdot g \sim D^*$

4. Programm Vorführung

3. ANIMATION



Anfangsbedingungen:

$$\phi_1(0) = 0^\circ$$

$$\phi_2(0) = 0^\circ$$

$$\omega_1(0) = 0^\circ/\text{s}$$

$$\omega_2(0) = 0^\circ/\text{s}$$

Systemparameter:

$$J = 1.00 \text{ kgm}^2$$

$$D_1 = 2.00 \text{ Nm}$$

$$D_2 = 0.50 \text{ Nm}$$

$$b = 0.050 \text{ Nms}$$

$$\alpha_{e,\max} = 5.00^\circ$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$d_m = 100 \text{ mm}$$

$$f_e = 0.60 \text{ Hz}$$

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen?

5. QUELLEN

- [1] „Freie und erzwungene Schwingungen eines Drehpendels (Pohl'sches Rad)“ Georg-August-Universität Göttingen: <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/1237>
- [2] „Gedämpfte und erzwungene Schwingungen“. In: Das Neue Physikalische Grundpraktikum. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006 <https://doi.org/10.1007/3-540-29968-8> 7