Name	**Matrikel-Nummer**

Montag, den 04.07.2014 **Prof. Dr.-Ing. Andreas Meisel**

Klausur "Modellierung (dyn. Systeme)"

Hinweise:

1.) Tragen Sie in obige Felder Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer ein.

2.) Zusätzliche Lösungsblätter versehen Sie bitte mit **Namen und Matrikelnummer**.

3.) Vermerken Sie in den vorgesehenen Lösungsfeldern der Aufgabenblätter, daß ein Zusatzblatt existiert.

4.) Dauer der Klausur: **120 Minuten**

5.) **Erlaubte Hilfsmittel**:
- ausgegebene Formelsammlung
- 6 Blatt beidseitig eigene Notitzen
- Taschenrechner

Übersicht zur Bewertung der Aufgaben.

Aufgabe	Punkte	
01	**15**	
02	**10**	
03	**10**	
04	**10**	
05	**15**	
Punkte ≅	**60**	

Aufgabe 1: (Euler, Runge-Kutta) [15 Punkte]

Ein Permanentmagnet-Gleichstrommotor treibt einen Propeller an. Hierzu wird eine Betriebsspannung u(t) an den Motor angelegt. Die Winkelgeschwindigkeit ω(t) (=2πn) des Propellers soll simuliert werden.

Das System wird durch das folgende nichtlineare DGL-System beschrieben. i(t) ist der sich einstellende Strom durch den Motor.

$$L \cdot \dot{i}(\mathrm{t}) + R \cdot i(\mathrm{t}) + k \cdot \omega(\mathrm{t}) = u(\mathrm{t})$$
$$J \cdot \dot{\omega}(\mathrm{t}) + b \cdot \omega^2(\mathrm{t}) = k \cdot i(\mathrm{t})$$

Aus dem Datenblatt des Motors werden folgende Konstanten entnommen:
L: Induktivität
R: Widerstand
k: Drehmomentkonstante

J beinhaltet die Massenträgheitsmomente des Motorankers und des Propellers.

b fasst alle durch Strömung verursachten Reibungsgrößen zusammen.

a) Zeichnen Sie das Blockschaltbild des Differentialgleichungssystems. Funktionen können als Block zusammengefasst werden. Geben Sie die Funktionen an.

b) Geben Sie an: abhängige Variable(n), unabhängige Variable(n), Eingangsgröße(n)

c) Geben Sie die Rekursionsgleichungen des Systems nach Euler an.
Die Schrittweite sei h.

d) Geben Sie die Rekursionsgleichungen des Systems nach Runge-Kutta (2. Ordng.) an.
Die Schrittweite sei h.
Anm.: Verwenden Sie für die Zwischengrößen (i → m_1, m_2; ω → p_1, p_2)

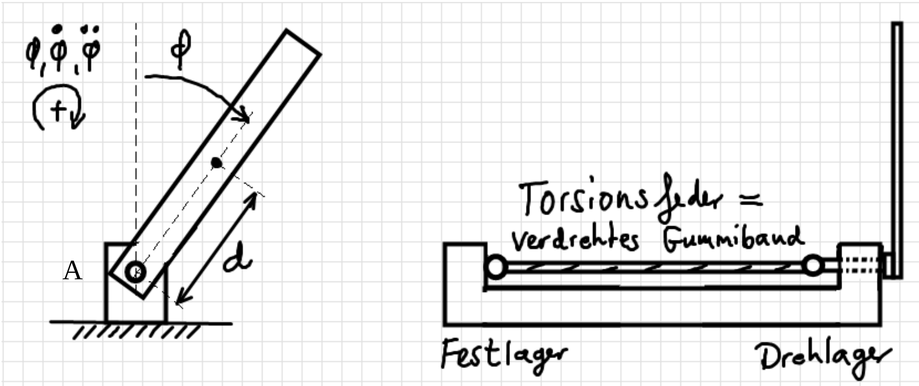
Aufgabe 2: (Linearisierung, Übertragungsfunktion) [10 Punkte]

Gegeben ist die DGL: $$5\dddot{x} + 15\ddot{x}x^2 + 30K\dot{x}x + 20x + 10 = 20u$$

a) Geben Sie den Arbeitspunkt x_0 für u_0=1 an.
b) Geben Sie die DGL für Ruhelageänderungen um den Arbeitspunkt an (linearisieren).
c) Geben Sie die Übertragungsfunktion des Systems an.
d) In welchem Bereich muss K liegen, damit das System stabil ist?

Aufgabe 3: (physical modeling) [10 Punkte]

Eine Torsionsfeder (=verdrehtes Gummiband) ist mit einem drehbar gelagerten Arm (Länge l) verbunden. Der Lagerpunkt A des Armes ist vom Schwerpunkt d=0.1m entfernt.



Dreharm
m = 50g
l = 0.22m

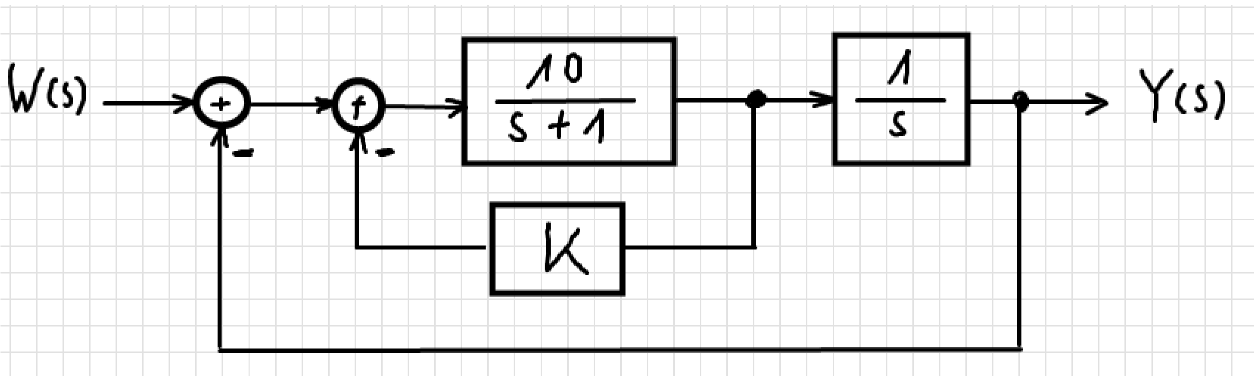
Die Drehbewegung des Arms soll simuliert werden.
Dabei sind folgende Kräfte/Momente zu berücksichtigen:

- Moment durch das Eigengewicht des Armes (das kurze Armstück unten vernachlässigen).
- Betrag des Torsionsmoments : $M_T = k \cdot \varphi$ mit k = 0.04Nm
- Betrag des Luftreibungsmoments : $M_L = p \cdot \dot{\varphi}^2$ mit p = $2*10^{-6}$kgm^2

a) Schneiden Sie den Arm frei un zeichnen Sie alle Kräfte und Momente ein.
b) Geben Sie die DGL des Systems an.
c) Geben Sie die SI-normierte DGL $\ddot{\varphi} = f(\varphi, \dot{\varphi})$ an.

Aufgabe 4: (Stabilität) [10 Punkte]

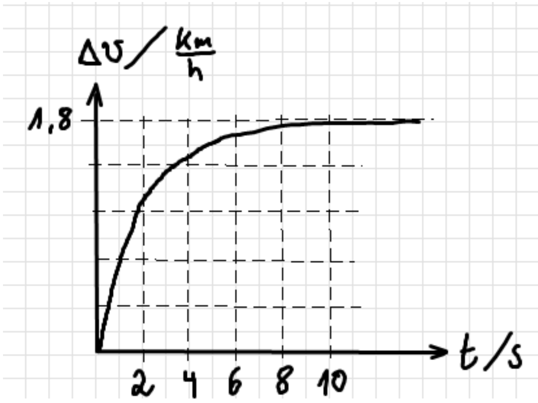
Gegeben ist das folgende System (Kaskadenregelung).



a) Geben Sie die Gesamt-Übertragungsfunktion an.
b) Wo liegen die Pole, wenn K=0.1 ist?
c) Wie müsste K eingestellt werden, damit das konjugiert komplexe Polpaar unter einem Winkel von +/-45° zur Imaginärachse liegt (d.h. |Re| = |Im|).

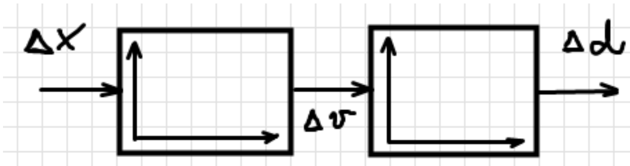
Aufgabe 5: (Einstellregeln) [15 Punkte]

Ein Fahrzeug A soll einen konstanten Abstand d zu einem vorausfahrenden Fahrzeug B halten (virtuelle Deichsel). Der Abstand zum Fahrzeug B wird laufend und verzögerungsfrei gemessen (Laserscanner). Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs A wird über ein Registerwert x eingestellt. Das Fahrzeug B fährt mit konstanter Geschwindigkeit v_0 (z.B. 100 km/h).



Erhöht man bei v_0 in den Registerwert um $\Delta x=125$, so ändert sich die Geschwindigkeit des Fahrzeugs nach folgender Zeitfunktion:

a) Skizzieren Sie die Systemstruktur:



b) Geben Sie die Übertragungsfunktion $G_1(s) = \frac{V(s)}{X(s)}$ und alle relevanten Parameter an.

c) Geben Sie die Übertragungsfunktion $G_2(s) = \frac{D s)}{V(s)}$ und alle relevanten Parameter an.

d) Angenommen die Gesamtübertragungsfunktion ist $G(s) = \frac{D s)}{X(s)} = \frac{-1}{200 \cdot s \cdot (3s+1)}$
Welche Einstellregel verwenden Sie und wie sind die Parameter des PID-Reglers zu wählen (für schnelles Regeln)?

e) Sind die gefundenen Reglerparameter für alle Geschwindigkeiten v_0 gültig? Begründen Sie Ihre Antwort (technisch/physikalisch denken).