NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(jeweils 2 Punkte)

a) Was ist eine Störgröße?

b) Ist ein PT_1–Übertragungssystem ein Regler oder eine Regelstrecke oder was?

c) Das Übertragungsverhalten eines Übertragungssystems werde im Zeitbereich als durch eine lineare Differenzialgleichung mit konstanten Koeffizienten $\dot{x} = ax + bu$ beschreibbar angenommen. Geben Sie die beiden Lösungsanteile als Gleichung an und benennen Sie beide Teile.

d) Welcher der beiden in c) genannten Lösungsanteile beschreibt warum das stationäre Verhalten der Lösung der Differenzialgleichung?

e) Was ist ein Mehrgrößenregelungssystem?

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

a) Geben Sie die Bestimmungsgleichungen für Amplitudenrand A_R und Phasenrand ϕ_R eines Regelkreises an.

b) Welche Bedingungen müssen Amplitudenrand A_R und Phasenrand ϕ_R für stabiles Verhalten des Regelkreises erfüllen?

c) Wie lautet die Übertragungsfunktion eines PIT_1–Übertragungselementes, und welche Pole und Nullstellen weist sie auf?

d) Ist das in c) genannte System stabil?

e) Zur Parametrierung der Wurzelortskurve (WOK) wird ein Parameter K verwendet. Welche physikalisch/technische Bedeutung kommt diesem Parameter im Regelkreis zu?

Aufgabe 3

(je 2 Punkte)

a) Wie unterscheiden sich die theoretische (axiomatische) und die experimentelle (empirische) Modellbildung? Geben Sie zusätzlich ein Beispiel für die jeweilige Modellbildungsart an.

b) Zwei Übertragungselemente seien in Reihe geschaltet. Was ist unter Rückwirkungsfreiheit zu verstehen? Erläutern Sie den Zusammenhang am genannten Beispiel.

c) Für welche Zahlenwerte des Parameters K ist ein Übertragungssystem mit der Übertragungsfunktion

$$F(s) \quad = \quad \frac{1 + 2s + s^2}{(1 + Ks)(1 + (2 - 2K)s + (1 + K)s^2 + s^3)}$$

stabil?

d) Eine Regelstrecke mit proportionalem Übertragungsverhalten werde durch ein Übertragungssystem mit proportional-integralem Übertragungsverhalten geregelt. Was ist warum hinsichtlich der Ausregelung von Störeinflüssen bei endlicher Reglerverstärkung zu erwarten?

e) Das Übertragungsverhalten eines Systems werde im Frequenzbereich als durch

$$F(s) \quad = \quad \frac{15,3}{(s + 24)(s + 13)}$$

beschreibbar angenommen. Auf das System wirke ein Eingangssignal $u(t) = 3 \cdot 1(t)$. Geben Sie das Ausgangsverhalten $y(t)$ des Systems für $y(t = 0), \dot{y}(t = 0), \ldots = 0$ an.

Aufgabe 4

(je 3 Punkte)

Das Gestell einer Werkzeugmaschine weise das in Belastungsrichtung näherungsweise durch

$$F_s = \frac{K_s}{1+T_1 s}$$

beschriebene dynamische Verhalten mit $K_s = 5$ und $T_1 = 0,1$ s auf. Zur aktiven Beeinflussung des dynamischen Verhaltens werde ein hydraulischer Aktor eingesetzt. Der zu betrachtende Aktor weise approximativ die Übertragungsfunktion $F_a = \frac{K_a}{s}$ auf, wobei $K_a = 1000$ sei. Zur Regelung ist ein neuartiger Ansatz mit

$$F_N(s) = \frac{K_R s}{\frac{1}{\omega_0^2}s^2 + \frac{2D}{\omega_0}s + 1}$$

vorgesehen.

a) Der Regler wird als Reihenschaltung des Aktors und des Übertragungselementes mit $F_N(s)$ aufgefasst. Bestimmen Sie

$$F_R(s) = F_a(s) \cdot F_N(s)$$

sowie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises.

b) Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion für das mit der klassischen negativen Rückführung rückgekoppelte System.

c) Es gelte $K_s, K_a, K_R, D, T_1, \omega_0 > 0$. Kann das Gesamtsystem instabil werden?

d) Der offene Kreis sei durch Polstellen mit $s_{1,2} = -a \pm jb$ sowie $s_3 = -0,1$ gekennzeichnet $(a, b > 0)$. Beeinflusst die relative Lage der Polstellen $s_{1,2}$ zu s_3 die prinzipielle Stabilitätsbetrachtung?
Hinweis: Beginnen Sie mit der Betrachtung der Wurzelortskurve.

e) Mit Hilfe einer intelligenten vorausschauenden Betrachtung lasse sich $F_N(s)$ durch

$$F_N(s) = \frac{K_R s(1 + \frac{2D}{\omega_{0N}}s + \frac{1}{\omega_{0N}^2})}{1 + \frac{2D}{\omega_{0P}}s + \frac{1}{\omega_{0P}^2}}$$

beschreiben. Die Aktordynamik bleibe unverändert. Der offene Kreis sei nun durch die Polstellen $s_{1,2} = -a \pm jb, s_3 = -0,1$ sowie die Nullstellen $s_{01,2} = c \pm jd$ beschrieben $(a, b > 0)$. Was ist bezüglich der Nullstellenlage hinsichtlich der Stabilität des geschlossenen Regelkreises zu fordern.
Hinweis: Beginnen Sie Ihre Betrachtungen mit einer Analyse der Wurzelorte.

Aufgabe 5

(jeweils 3 Punkte)

a) Das statische Übertragungsverhalten eines Übertragungselementes sei durch

$$y = 3u^2 + 4u + 5$$

gegeben. Das Übertragungselement werde im Arbeitspunkt $u_0 = \frac{7}{4}$ genutzt. Linearisieren Sie die Kennlinie im Arbeitspunkt und geben Sie das resultierende Übertragungsverhalten an.

b) Die Übertragungsfunktion einer Regelstrecke lautet

$$F_s(s) = \frac{K_s}{1 + T_1 s} \cdot e^{-T_t s} \quad .$$

Die Regelstrecke werde mit eine Regler mit $F_R(s) = K_R$ in Gegenkopplung geregelt. Wie lautet die Übertragungsfunktion des offenen Kreises und welche endlichen Pol- und Nullstellen weist sie auf?

c) Wie lauten der Amplitudenfrequenzgang $|F_0(j\omega)|$ und der Phasenfrequenzgang $\varphi(\omega)$?

d) Wie groß ist die Phasenreserve für $K_s = 1$ und $K_R = \sqrt{10}$?

e) Ist das System für $T_t = T_1 (T_1 > 0)$ stabil?

Aufgabe 6

(insgesamt 40 Punkte)

Das Übertragungsverhalten eines Elektromotors werde durch die Differenzialgleichung

$$m^{(3)}\ (t) + a\ddot{m}(t) + b\dot{m}(t) + cm(t) \quad = \quad K(i(t) + T_D\dot{i}(t))$$

beschrieben; hierbei sei $m(t)$ das Abtriebsmoment und $i(t)$ der Motorstrom. Der Antrieb werde für die experimentelle Erprobung eines neuartigen Aktors verwendet. Hierzu ist auf der Motorwelle ein starrer Balken befestigt, an dessen Ende im Abstand l der neuartige Aktordraht befestigt ist (vgl. Abbildung 6.1). Hierbei wird näherungsweise für den Arbeitsbereich $M = F \cdot l$ angenommen. Zur überschlägigen Dimensionierung kann der Draht als Feder mit $F_{Draht}(s) = \frac{F(s)}{X(s)} = \frac{K_F}{1+T_F s}$ angenommen werden, hierbei kennzeichnet $F(s)$ die Federkraft und $X(s)$ die Auslenkung des Drahtes.

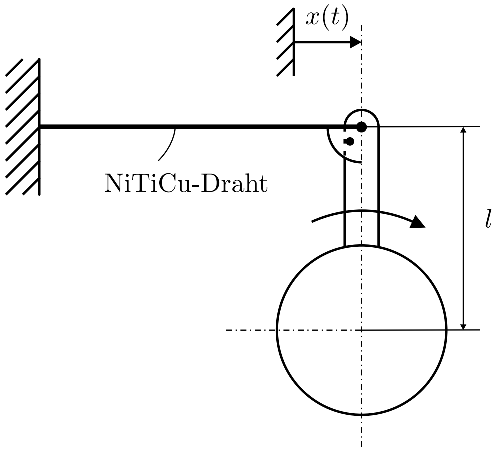

Abbildung 6.1: Motorwelle mit Aktordraht

a) Geben Sie das Verhalten $\frac{X(s)}{I(s)}$ mit $I(s)$ als $\mathcal{L}\{i(t)\}$ für den Motorstrom an.

b) Für welche Parameter $a, b, c, K, l, T_D, T_F, K_F$ ist das ungeregelte System stabil?

c) Für die weiteren Rechnungen wird das System weiter zu

$$F(s) \quad = \quad \frac{K(1 - T_{D,F}s)}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2}$$

vereinfacht. Hierbei gelte $T_{D,F} = 10$ s, $D = 0,5$, $\omega_0 = 0,01$ rad/s. Welche Pol- und Nullstellen weist das ungeregelte System auf? Ist das System stabil? Handelt es sich um ein Phasenminimumsystem?

d) Für die Regelung wird die Längenänderung des Aktors $x(t)$ gemessen und auf den Motorstrom zurückgeführt. Skizzieren Sie zunächst den Standard-Regelkreis. Zur Regelung wird ein Regelgesetz mit $F_R(s) = \frac{K_R}{s(1+T_R s)}$ verwendet. Geben Sie die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises an. Welche Pol- und Nullstellen weist der offene Kreis auf? Ist der offene Kreis asymptotisch stabil im Sinne von Ljapunov?

e) Für die nachfolgenden Rechnungen gelten die in c) angegebenen Zahlenwerte sowie $T_{D,F} = 10$ s, $D = 0,5$, $\omega_0 = 0,01$ rad/s, $T_R = 1$ s sowie $K = 1$. Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm des offenen Kreises.

f) Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve des offenen Kreises und vervollständigen Sie die Kurve zur vollständigen Nyquist–Kurve.

g) Bestimmen Sie qualitativ unterschiedliche Stabilitätsbereiche und kennzeichnen Sie die Bereiche, für die Sie stabiles Verhalten erwarten. Mit welchem Parameter können Sie diese Stabilitätsbereiche 'einstellen'?

h) Zeigen Sie mit Hilfe einer WOK–Skizze den prinzipiellen Einfluss der Dynamik des Aktors ($\hat{=}$ Lage der Nullstelle) auf die Stabilität des Gesamtsystems.
Hinweis: Bringen Sie hierzu die Gleichung auf WOK-Normalform. Liegt Mit- oder Gegenkopplung vor?

Maximal erreichbare Punktzahl:	**100**
Mindestpunktzahl für die Note 1,0:	**95**
Mindestpunktzahl für die Note 4,0:	**50**