NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

a) Was ist eine offene Übertragungskette im regelungstechnischen Sinn?

b) Sprungförmige Änderungen von Signalverläufen werden in der Regelungstechnik mit Hilfe von Sprungfunktionen angegeben. Geben Sie formelmäßig die Sprungfunktion für einen Momentensprung $M(t)$ von 0 auf M_0 zum Zeitpunkt T_0 an und stellen Sie den Verlauf grafisch dar.

c) Die symbolische Darstellung eines Übertragungselements sei:

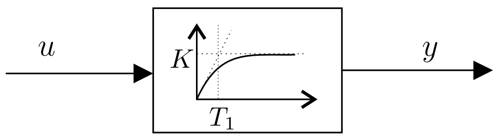

Abbildung 1.1: Übertragungselement

Wie wird dieses Element bezeichnet?

d) Geben Sie das Übertragungsverhalten des in c) angegebenen Elements in Form einer Differenzialgleichung an.

e) Das Übertragungsverhalten eines Übertragungselements sei

$$T_3\dddot{y} + T_2\ddot{y} + T_1 y = u(t)\,.$$

Lässt sich dieses Element im Sinne der $\mathrm{PIDT_n}$–Nomenklatur bezeichnen? Wenn ja, wie?

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

a) Geben Sie das Übertragungsverhalten des nachstehend dargestellten Systems an:

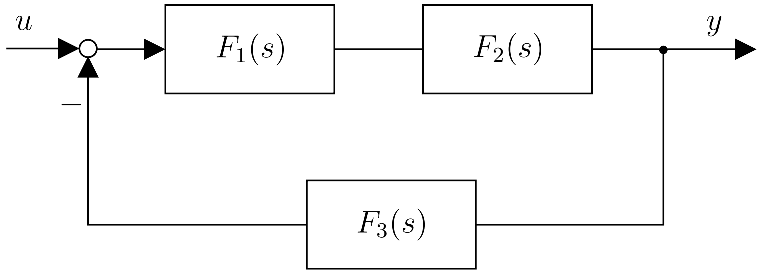

Abbildung 2.1: System

b) Ein System $F(s)$ werde durch die Eingangsgröße $u(t) = 3 \sin \omega t$ mit $\omega = 10$ sek^{-1} angeregt. Das Übertragungsverhalten sei durch das Frequenzkennliniendiagramm in Abbildung 2.2 gekennzeichnet.

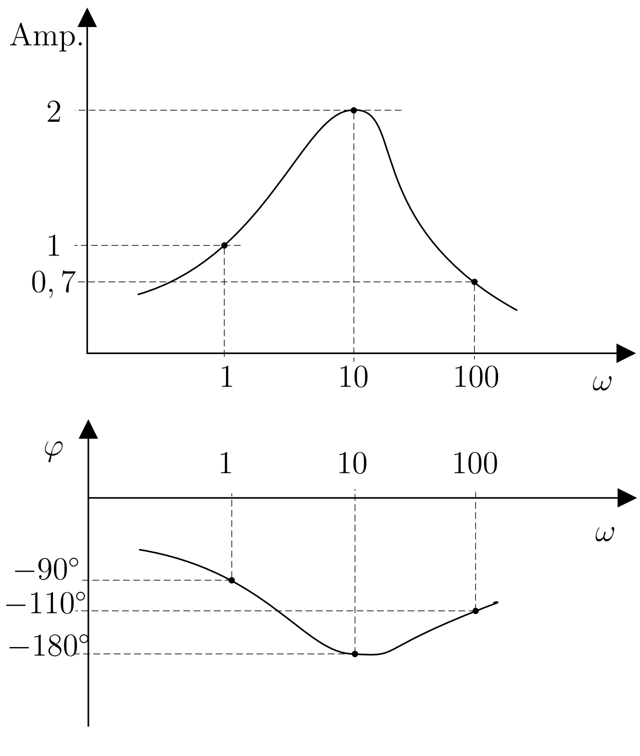

Abbildung 2.2: Übertragungsverhalten des Systems

Geben Sie für den stationären Zustand das Ausgangssignal $y(t)$ formelmäßig an. Wie groß sind die Verstärkung und der Phasenverzug?

c) Gegeben sei die Ortskurve des Systems $F(s)$.

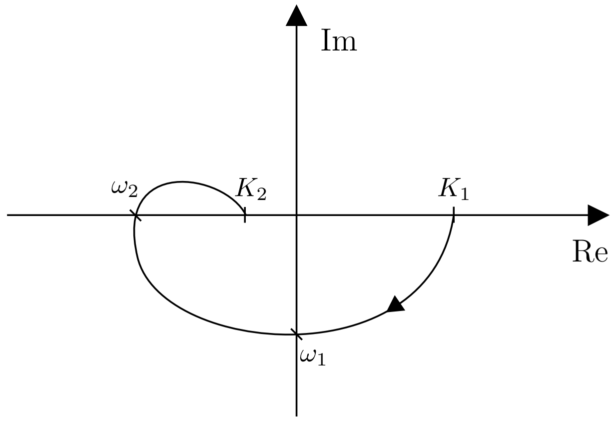

Abbildung 2.3: Ortskurve

Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm von $F(s)$. Ist das System prinzipiell schwingungsfähig?

d) Gegeben sei das System $F(s)$ mit

$$F(s) = \frac{K(1 + T_1 s)}{1 + s + T_2 s^2}\,.$$

Geben Sie die Pole und Nullstellen von $F(s)$ an. Für welche Parameter K, T_1, T_2 ist $F(s)$ stabil?

e) Wie unterscheidet sich im Sinne von Ljapunow ein stabiles von einem asymptotisch stabilen System? Stellen Sie den Unterschied grafisch dar.

Aufgabe 3

(je 2 Punkte)

a) Geben Sie zwei mathematische Methoden zur Stabilitätsprüfung eines dynamischen Systems an, welches durch

$$F(s) = \frac{a(s)}{b(s)}$$

mit $a(s)$ als Zählerpolynom 3. Ordnung in s und $b(s)$ als Nennerpolynom 4. Ordnung in s gegeben ist. Setzen Sie hierbei voraus, dass $b(s) = (1 + b_1 s)(1 + b_2 s)(1 + b_{23} s + b_{33} s^2)$ gilt.

b) Beschreiben Sie die Anwendung und den Gültigkeitsbereich des speziellen Nyquistkriteriums.

c) Geben Sie die Laplace–Transformierte der Funktion $y(t) = 2 \cdot u(t - 5)$ an.

d) Zur stationär genauen Folgeregelung einer Regelstrecke mit proportionalem Übertragungsverhalten empfiehlt sich u. a. welcher Reglertyp?

e) Ist ein Übertragungssystem mit I–Verhalten asymptotisch stabil im Sinne von Ljapunow?

Aufgabe 4

(15 Punkte)

a) Gegeben sei das durch folgende Pol–Nullstellenverteilung bezeichnete System:

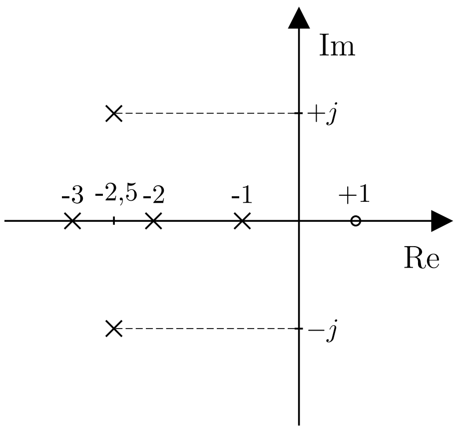

Abbildung 4.1: Pol- und Nullstellen des Systems

Dem System sei ein Totzeitsystem nachgeschaltet. Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm für das Ausgangssystem und dann qualitativ die Änderung auf Grund des Totzeitelements.

b) Eine Regelstrecke, beschrieben durch $F_{\mathrm{S}}(s) = \frac{K_{\mathrm{s}}}{1+T_1 s}$ werde durch einen Regler mit DT_1–Übertragungsverhalten in Gegenkopplung geregelt. Hierbei gilt für

$$\begin{aligned} F_{\mathrm{S}}(s) &= \frac{K_{\mathrm{S}}}{(1+T_1 s)} \qquad \text{und} \\ F_{\mathrm{R}}(s) &= \frac{K_{\mathrm{R}} s}{(1+T_{\mathrm{a}} s)} \quad . \end{aligned}$$

Für welche Parameter $(T_1, T_{\mathrm{a}}, K_{\mathrm{S}}, K_{\mathrm{R}}) > 0$ ist das geregelte System stabil?

c) Das System nach b) kann auch in Mitkopplung betrieben werden ($K_{\mathrm{S}} < 0$). Für welche Parameter $T_1 > 0, T_{\mathrm{a}} > 0, K_{\mathrm{S}}$ und K_{R} beliebig, ist das in b) angegebene geregelte System grenzstabil?

d) Das System

$$F(s) = \frac{1 + s + 2s^2}{3 + 4s + 5s^2 + 6s^3}$$

werde durch $u(t) = 3{\cdot}1(t)$ angeregt. Ist das System stabil? Geben Sie den stationären Endwert $y(t \to \infty)$ an.

Aufgabe 5

(15 Punkte)

a) Kennzeichnen Sie die Phasendurchtrittsfrequenz sowie die Amplitudendurchtrittsfrequenz in die nachfolgende Darstellung der Ortskurve eines dynamischen Systems.

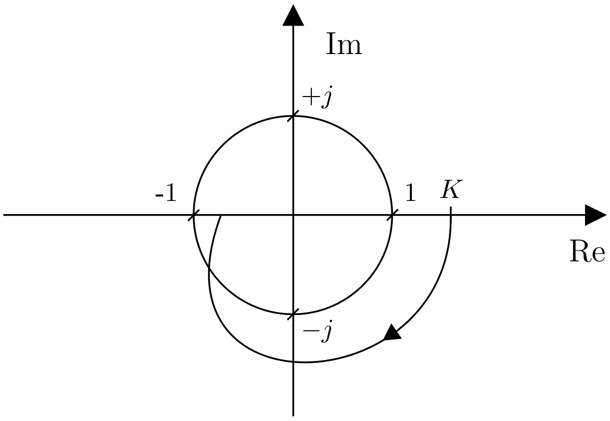

Abbildung 5.1: Ortskurve

Wie werden die Frequenzen formelmäßig bestimmt?

b) Was beinhaltet der Ausdruck Amplitudenreserve? Geben Sie die Bestimmungsformel an. Welcher Parameter eines Reglers wird variiert?

c) Gegeben sei die Wurzelortskurve eines Regelungssystems.

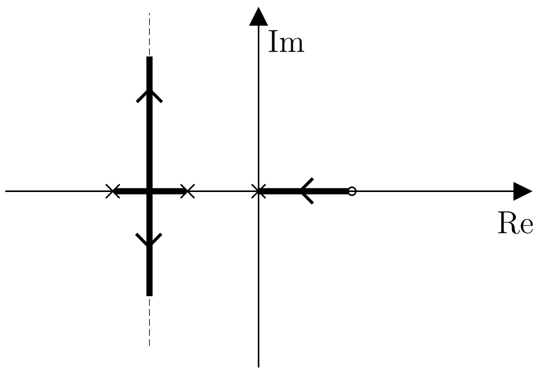

Abbildung 5.2: Wurzelortskurve

Ist die Darstellung korrekt? Ist der offene Kreis stabil/instabil? Lässt sich der geschlossene Kreis durch $K > 0$ stabilisieren?

d) Dem der Aufgabe c) zu Grunde liegenden Regelungssystem mit $F_0(s) = F_{\mathrm{R}}(s) \cdot F_{\mathrm{S}}(s)$ werde ein zusätzlicher Regler $F_{\mathrm{R2}}(s)$ nachgeschaltet, so dass nun $\tilde{F}_0(s) = F_{\mathrm{R}}(s) \cdot F_{\mathrm{R2}}(s) \cdot F_{\mathrm{S}}(s)$ gilt. Aus konstruktiven Gründen gilt $F_{\mathrm{R2}}(s) = (s - a)$ mit $a > 3$. Kann das Regelsystem stabiles Verhalten aufweisen? Erläutern Sie Ihre Antwort an Hand einer WOK-Skizze.

e) Für eine zu regelnde stabile Strecke sei kein mathematisches Modell verfügbar. Wie werden in der Praxis die Reglerparameter $K, T_{\mathrm{D}}, T_{\mathrm{I}}$ eines PID–Reglers eingestellt? Skizzieren Sie kurz die zweistufige Vorgehensweise.

Aufgabe 6

(40 Punkte)

Für die Regelung der Torsionsschwingungen eines neuartigen Schiffsantriebssystems mit einer langen schlanken Antriebswelle (vgl. Abbildung 6.1) soll eine Regelung entworfen und untersucht werden.

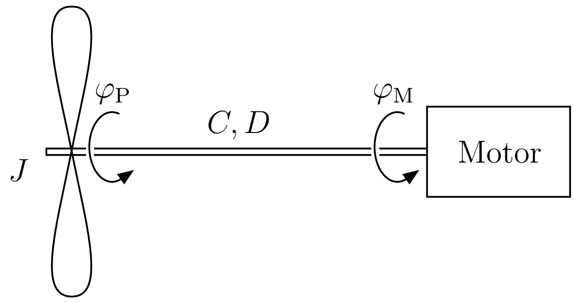

Abbildung 6.1: Schiffsantriebssystem

Der Antrieb erfolgt durch ein Moment M_M. Das dynamische Verhalten wird durch die Differenzialgleichung

$$J\Delta\ddot{\varphi} + D\Delta\dot{\varphi} + C\Delta\varphi = M_M - M_R$$

beschrieben, wobei $\Delta\varphi = \varphi_M - \varphi_P$ ist und M_R das aufgeschaltete zusätzliche Moment zur Schwingungsdämpfung (in Form einer Regelung) darstellt. Gemessen wird die Winkelgeschwindigkeitsdifferenz $\Delta\dot{\varphi}$.

a) Als Regler für den Normalbetrieb werde ein P–Regler (K_R) mit dem Ausgang $u = M_R$ sowie der Messung $y = \Delta\dot{\varphi}$ als Eingang verwendet. Skizzieren Sie in Form eines Blockschaltbildes die Zusammenhänge für den geschlossenen Regelkreis.

b) Geben Sie die Gleichung des eingesetzten P–Reglers in physikalischen Größen an. Bestimmen Sie die Gesamtsystemgleichung. Welchen Typ hat das resultierende Übertragungsverhalten?

c) Es werden Schwingungen im Systemverhalten beobachtet. Es soll eine zusätzliche Regelung eingebracht werden, ohne die Antriebsmotorparameter zu verändern. Hierbei soll zusätzlich eine integrierende Rückführung für $\Delta\dot{\varphi}$ mit der Zeitkonstanten T_I erprobt werden.
Geben Sie die Gesamtsystemgleichung (Eingang: M_M) an und klassifizieren Sie das neue Übertragungsverhalten. In welcher Weise ändern sich die Schwingungseigenschaften in Form der Eigenfrequenz sowie der Dämpfung?

d) Berechnen Sie für $J = 1000\ \mathrm{N \cdot m \cdot s^2}$, $D = 1\ \mathrm{N \cdot m \cdot s}$, $C = 500\ \mathrm{N \cdot m}$ die Reglerkoeffizienten K_R, K_I, damit für $\omega_0 = 1\ \mathrm{sek}^{-1}$ aperiodische Dämpfung vorliegt.

e) Geben Sie qualitativ die Ortskurve und das Bodediagramm des Systems für die bei d) bestimmten Reglerkoeffizienten an.

f) Für eine weitere neuartige Schwingungsregelung wurde die nachstehende Ortskurve des offenen Regelkreises gemessen:

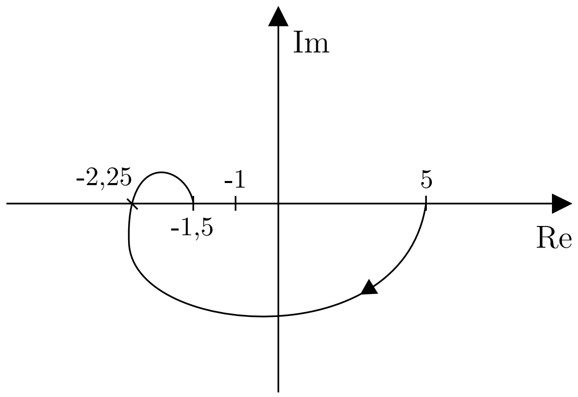

Abbildung 6.2: Ortskurve

Der offene Regelkreis hat keine Pole in der rechten s–Halbebene. Für welche Verstärkung K ist der geschlossene Regelkreis (negative Rückführung) stabil (allgemeines Nyquistkriterium)?

g) Kennzeichnen Sie qualitativ für das in f) gegebene System mit $K = \frac{1}{2}$ die Amplituden– und Phasenreserve im Bodediagramm. Zeichnen Sie hierzu zunächst die Ortskurve.

h) Aus Kostengründen soll das mit der Regelung aus a) - e) erzielte Ergebnis ohne Rückführung ermöglicht werden. Was schlagen Sie hierzu vor?

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