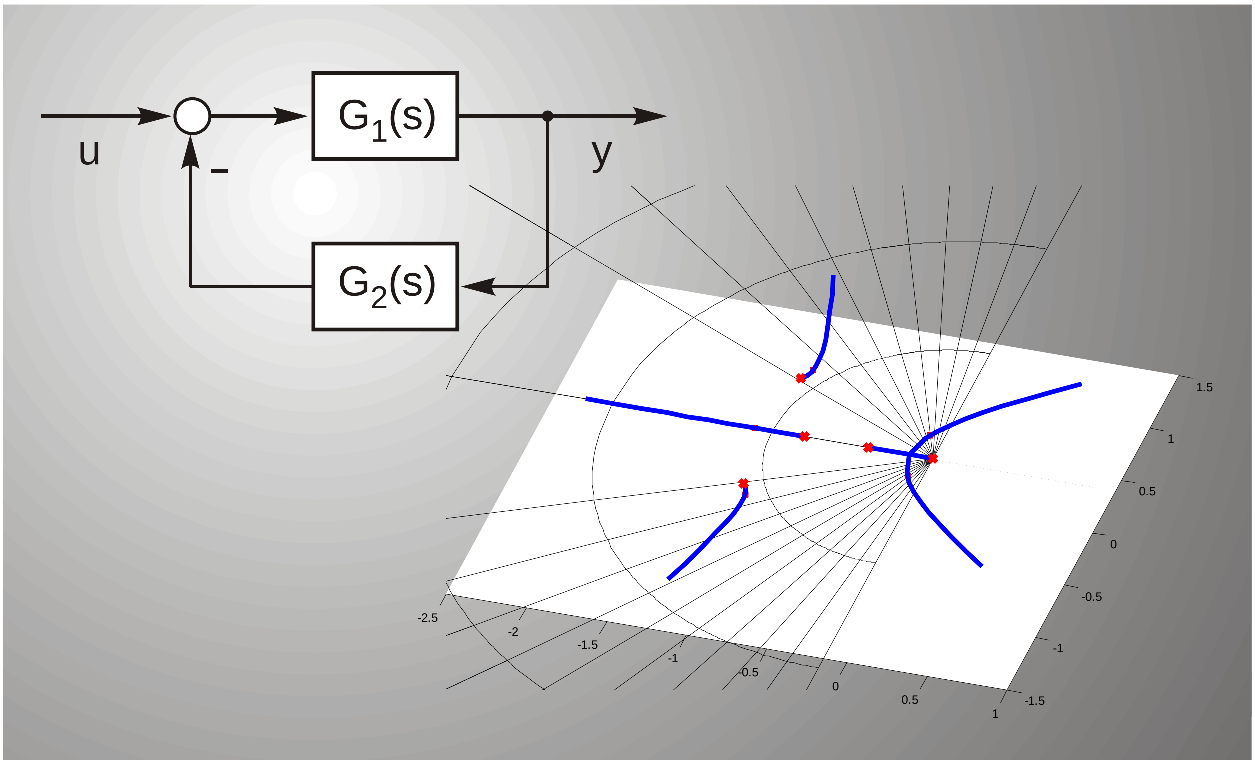
Aufgaben zur Übung 3

Systemdynamik und Regelungstechnik

M. Sc. Patrick Sauter



Sommersemester 2014

http://www.irs.kit.edu/1528.php

KIT Karlsruher Institut für Technologie
IRS Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann

Erläuterungen zu den Übungsblättern:

Die Übungsblätter enthalten verschiedene Typen von Aufgaben:

- Anwendungsaufgaben:
  - *Übungsaufgaben* sind mit UE gekennzeichnet und werden in der Übung vorgerechnet. Die Lösungswege sind auf den in der Übung gezeigten Folien enthalten, welche nach der Übung im Internet herausgegeben werden.
  - *Tutoriumsaufgaben* sind mit TU gekennzeichnet und sind ausschließlich zum selbstständigen Bearbeiten vor bzw. im Tutorium gedacht. Diese sind regelmäßig auch in MATLAB/SIMULINK zu bearbeiten. Lösungen zu Tutoriumsaufgaben werden im jeweiligen Tutorium besprochen und ggf. nach der Tutorienwoche bereitgestellt.

- *Trainingsaufgaben* (TR):

  Diese enthalten mehrere ähnliche Teilaufgaben zum Erlernen und Trainieren (auch im Hinblick auf die Klausur) von elementaren, klar abgegrenzten Methoden. Der Schwierigkeitsgrad innerhalb einer Trainingsaufgabe steigt zunehmend an, beginnend bei der ersten Teilaufgabe.
  In der Übung werden von Trainingsaufgaben lediglich die ersten Teilaufgaben im Rahmen der Wiederholung des Stoffs behandelt. Ggf. werden die anderen Teilaufgaben teilweise oder auf Nachfrage im Tutorium besprochen.
  Es liegt in der Hand jedes einzelnen Studierenden, ob und wie viel er sich mit den restlichen Teilaufgaben beschäftigt. Es wird jedoch dringend empfohlen, auch und gerade diese Methoden selbstständig zu üben, da sie das Handwerkszeug für die SRT darstellen und oft erst in der Anwendung hinreichend verstanden werden.
  Eine Kurzlösung zu den Trainingsaufgaben wird im Anschluss an die Tutorienwoche im Internet herausgegeben.

Der Schwierigkeitsgrad von Aufgaben wird durch Pluszeichen symbolisiert.

✚	bedeutet	*leichte Aufgabe*
✚✚✚(✚)	bedeutet	*Klausurniveau (oder höher)*

Aufgabe 14 (TR)

Betrachten Sie erneut die zeitdiskretisierten Systeme aus **Aufgabe 9**. Prüfen Sie anhand der Lage der Pole und Nullstellen, ob es sich um Minimalphasensysteme oder Nichtminimalphasensysteme bzw. um Allpässe handelt und vergleichen Sie dies mit den Eigenschaften der ursprünglichen kontinuierlichen Systeme!

Aufgabe 15 (TR)

Bestimmen Sie das stationäre Verhalten der im Folgenden beschriebenen zeitdiskreten Systeme mithilfe des Endwertsatzes der Z-Transformation. (Berechnen Sie ggf. zuvor die Übertragungsfunktion.) Bestimmen Sie auch den Wert der Ausgangsgröße für t=+0 bei einem Eingangssprung als Führungsgröße. Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse mit MATLAB, indem Sie die Systeme definieren, die Sprungantworten plotten und ggf. den stationären Endwert ablesen.

a) ✚

$$G_{1z}(z) = \frac{5}{2z+1}$$

b) ✚✚

$$G_{2z}(z) = \frac{z+3}{z+\frac{1}{3}} z^{-1}$$

c) ✚✚✚

$$y_k = \tfrac{2}{3}u_k - \tfrac{1}{2}u_{k-1} - \tfrac{1}{5}y_{k-1} + \tfrac{2}{7}y_{k-2}$$

Aufgabe 16 (TR)

Zeichnen Sie die Nyquist-Ortskurve (qualitativ) und das Bode-Diagramm (asymptotisch) der folgenden Übertragungsfunktionen!

a) ✚

$$G_1(s) = 10$$

$$G_2(s) = \frac{0.055}{s}$$

$$G_3(s) = G_1(s) \cdot G_2(s)$$

b) ✚

$$G(s) = \frac{1}{0,25s+1}$$

c) ✚✚

$$G(s) = \frac{2,5}{(0,2s+1)(1,25s+1)}$$

d) ✚✚

$$G(s) = \frac{-3}{s+5} \cdot \frac{s-1}{s+1}$$

e) ✚✚/✚

$$G(s) = \frac{8}{s} \cdot \frac{1}{s^2+6s+5}$$

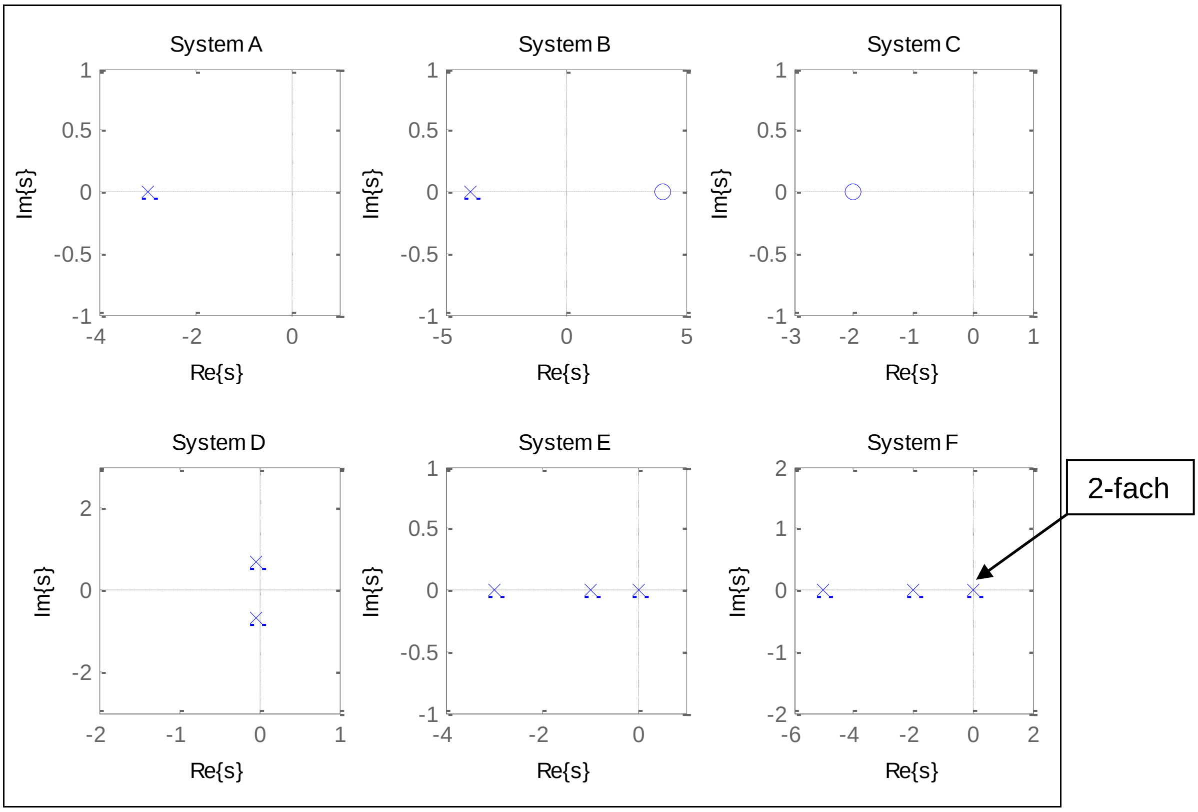
f) ✚✚✚

$$G(s) = \frac{1}{s^2+s+9}$$

Hinweis: Ein logarithmisches Diagramm zum Zeichnen des Bode-Diagramms finden Sie am Ende der Aufgabenblätter. Für weitere Teilaufgaben können Sie sich ein solches auf der website der Übung herunterladen und ausdrucken.

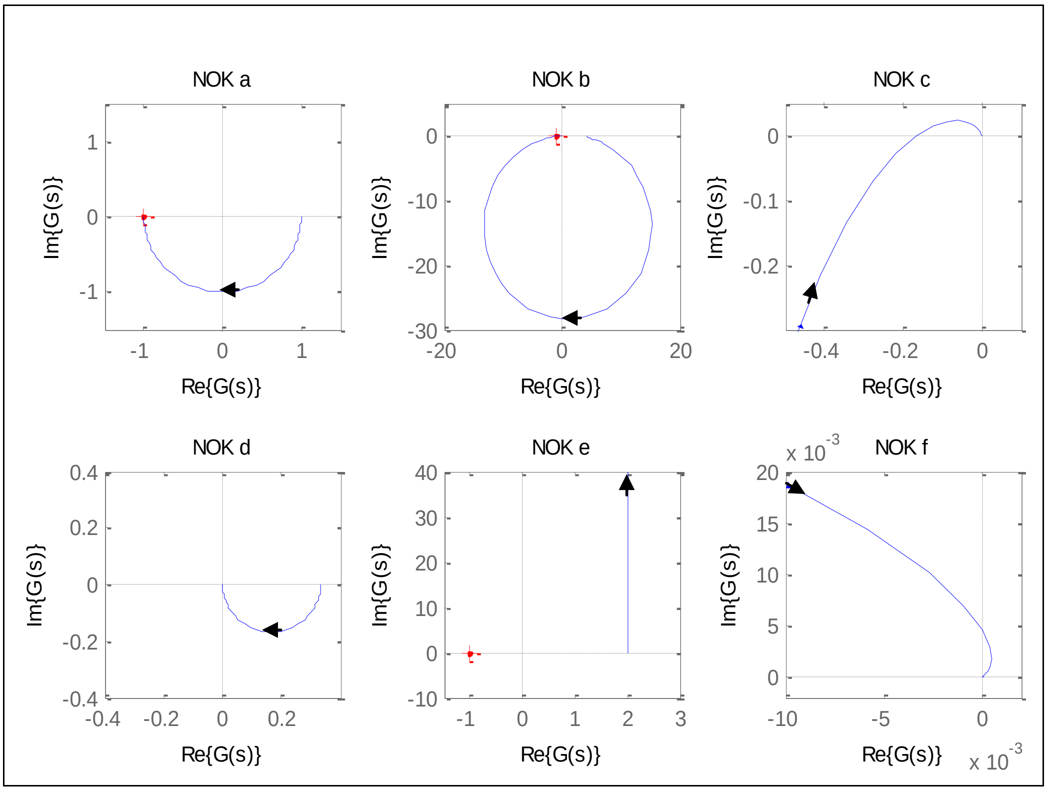
Aufgabe 17 (TR) ++/+

Im Folgenden sind die Pol-/Nullstellen-Konfigurationen der Systeme A-F gegeben.

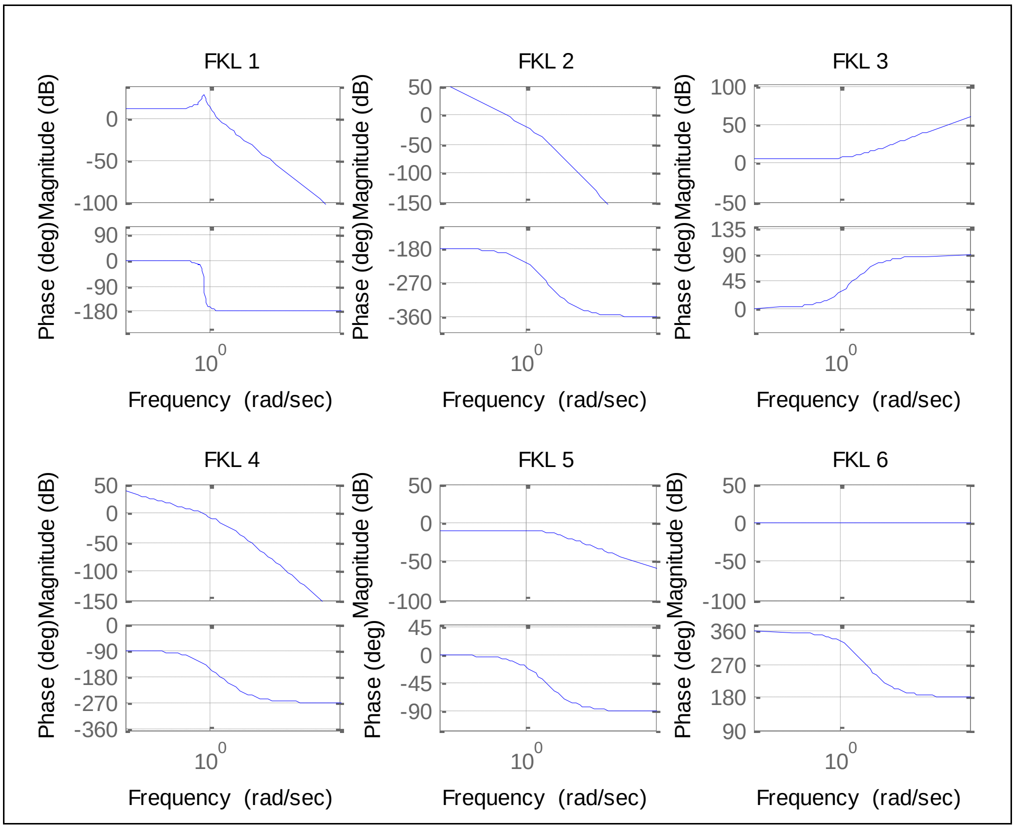


a) Ordnen Sie den Systemen die Nyquist-Ortskurven a-f, die Frequenzkennlinien 1-6 sowie die Sprungantworten I-V korrekt zu! Begründen Sie Ihre Wahl und benennen Sie das stationäre Verhalten! Warum kann Matlab für ein System keine Sprungantwort zeichnen? Wie müsste diese aussehen?

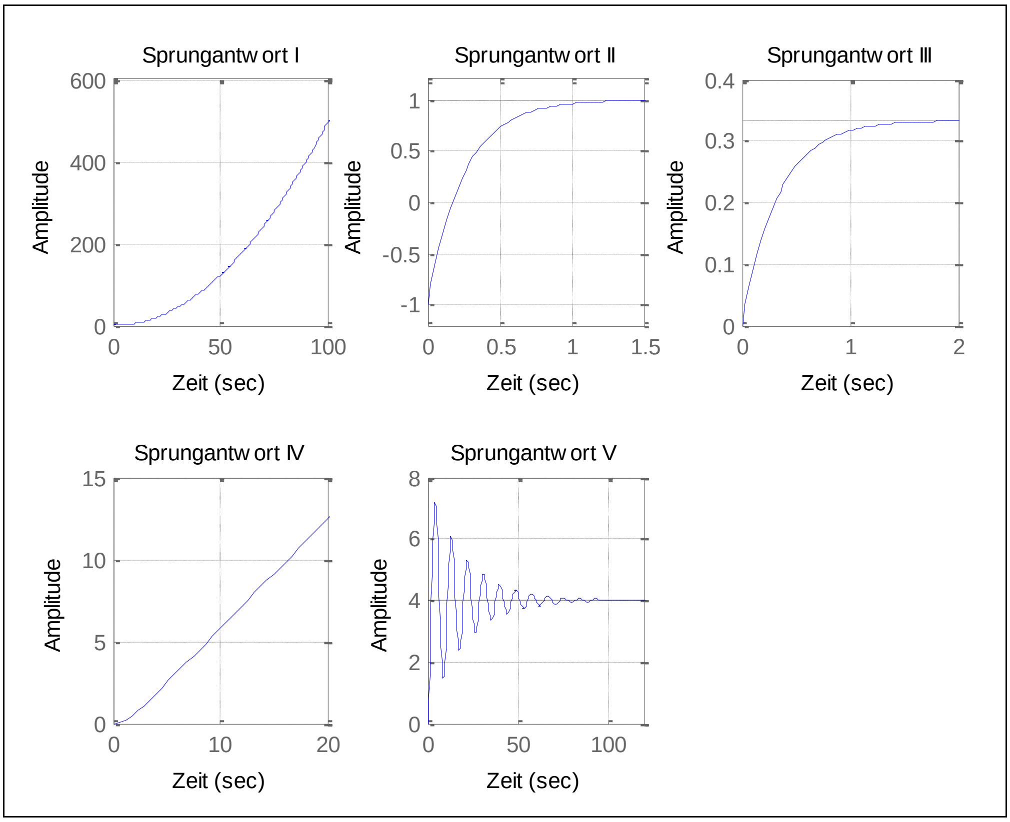
Nyquist-Ortskurven a-f



Frequenzkennlinien (Bode-Diagramme) 1-6



Sprungantworten I-V



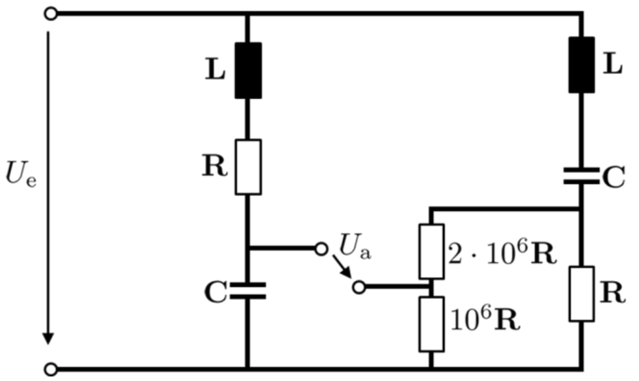
b) Erzeugen Sie die oben gezeigten Bilder mit MATLAB, indem Sie die entsprechenden Übertragungsfunktionen aus den Pol-Nullstellen-Diagrammen ablesen und mit Hilfe des Befehls *tf* definieren. Verwenden Sie zum Erzeugen der Bilder die Befehle *pzmap*, *nyquist*, *bode* und *step*.

Hinweise:
- Die Pole des Systems **D** liegen bei $\frac{1}{20}\left(-1 \pm j\sqrt{199}\right)$
- Das System **B** hat den Verstärkungsfaktor -1, die Systeme **D** und **E** jeweils den Verstärkungsfaktor 2, alle übrigen den Verstärkungsfaktor 1

Aufgabe 18 (UE)

Betrachten Sie das nebenstehende elektrische Netzwerk. Über die Eingangsspannung U_e kann die Ausgangsspannung U_a beliebig eingestellt werden. Die Bauteile weisen dabei die folgenden Werte auf:

$$R = 12, L = 1/3, C = 1/12$$



Nun soll dieses System geregelt betrieben werden, um beispielsweise unbekannte Temperaturabhängigkeiten der Bauteile ausgleichen zu können. Dazu wird $U_a(t)$ gemessen und zur Bildung einer Regeldifferenz zurückgeführt. Als Regler kommt zunächst ein P-Regler mit der Übertragungsfunktion $R(s) = 1$ zum Einsatz.

Analysieren Sie diesen Regelkreis mit den in der Vorlesung vorgestellten graphischen Methoden auf Stabilität!
Ist die Verwendung eines P-Reglers hier sinnvoll?

Aufgabe 19 (TR)

Untersuchen Sie die im Folgenden beschriebenen kontinuierlichen Regelkreise algebraisch auf Stabilität.

a)

$$G_w(s) = \frac{1}{3s^2 - 0{,}4s + 7}$$

b)

$$F_o(s) = \frac{1 + 5s}{s}$$

c)

$$G(s) = \frac{\sqrt{5}}{s(3s+2)}$$

$$R(s) = \frac{3}{2} + \frac{1}{\sqrt{5}s}$$

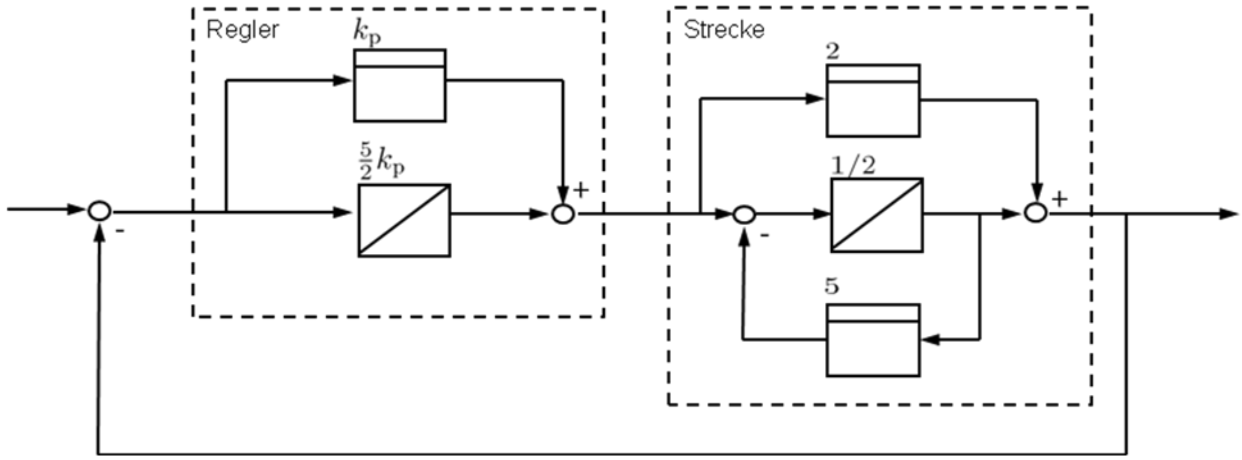
d)

Strecke: Pole bei $-\frac{1}{2} \pm j4$ und 0, eine Nullstelle bei -1

Regler: P-Regler mit $K_p = \frac{1}{3}$

e) ✥✥✥

Bestimmen Sie hierbei die maximale Reglerverstärkung K_p, für die der geschlossene Kreis stabil ist.



Untersuchen Sie auch die folgenden zeitdiskreten Systeme algebraisch auf Stabilität!

f) ✥

$$G_{wz}(z) = \frac{\left(z - \frac{1}{2}\right)}{z^2 - 4{,}259z - 1}$$

g) ✥✥

$$F_{oz}(z) = \frac{1}{2}\frac{z - \frac{1}{2}}{\left(z - 1\right)^2}$$

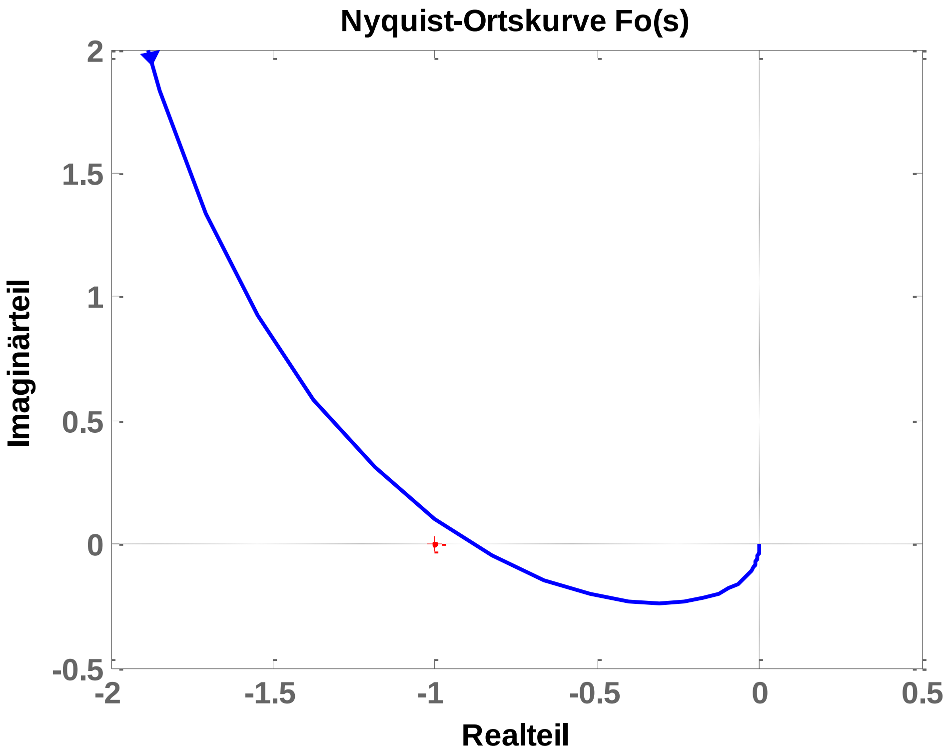
h) ✥✥✥

$$G_z(z) = \frac{z^2 + \frac{1}{4}}{\left(z - \frac{1}{2}\right)^2\left(z + \frac{1}{2}\right)}, \quad R_z(z) = 1 - \frac{1}{2z}$$

Aufgabe 20 (TU) ++/+

Eine Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion $G(s) = \dfrac{s^2 + 5s + 6}{s^3 + 3s^2 - 4s}$

werde zunächst mit einem P-Regler $R(s) = 1$ geregelt. Zum <u>offenen</u> Regelkreis $F_o(s) = G(s)R(s)$ gehört die unten stehende Ortskurve.



a) Erlaubt die spezielle Form des Nyquist-Kriteriums eine Stabilitätsaussage? Begründen Sie Ihre Aussage!

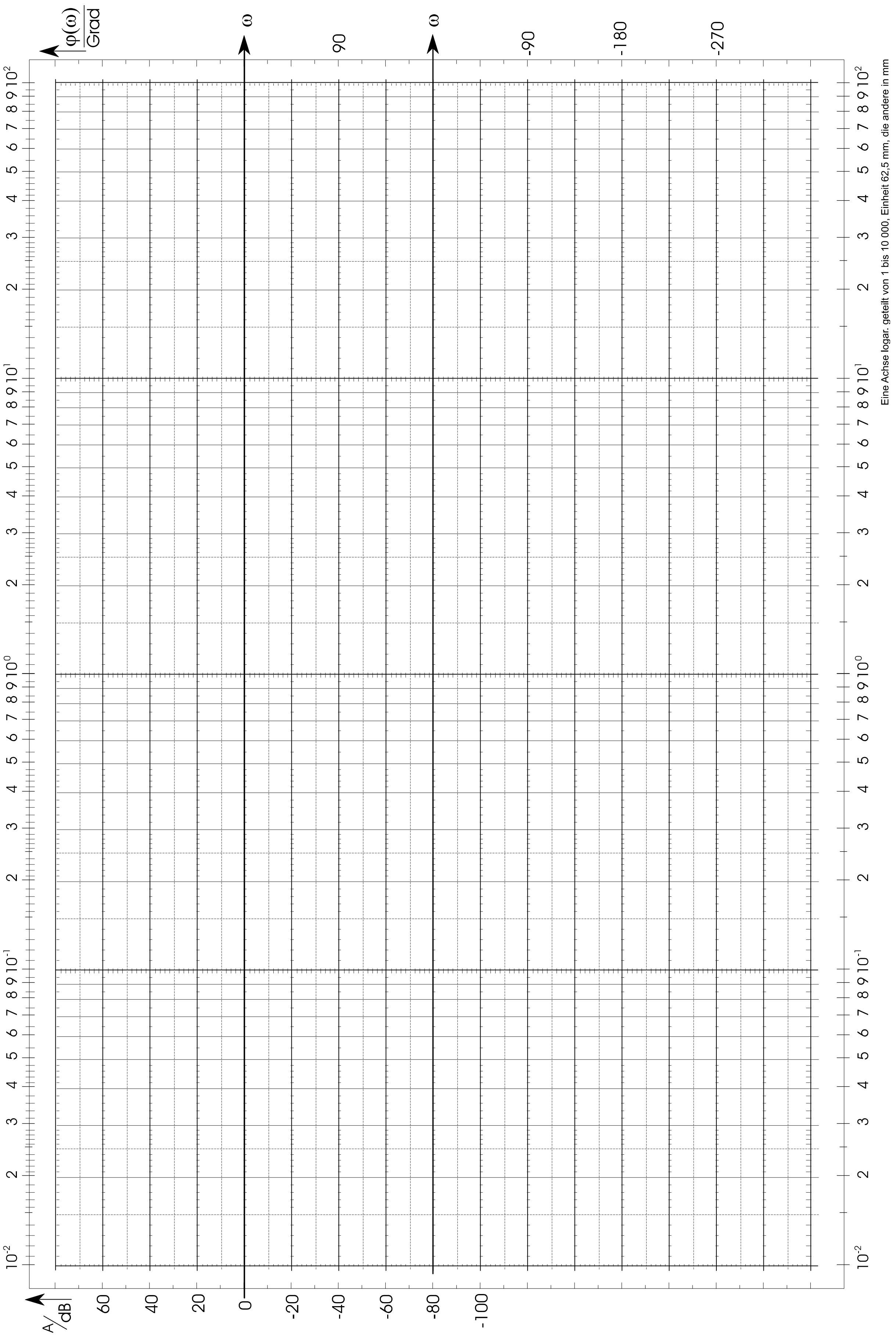
b) Zeigen Sie mit dem Hurwitz-Kriterium, dass der geschlossene Regelkreis instabil ist! Überprüfen Sie dies auch mit dem allgemeinen Nyquistkriterium!

Die Strecke werde nun mit dem PD-Regler $R(s) = 4s + 4$ geregelt.

c) Überprüfen Sie algebraisch, ob der geschlossene Kreis nun stabil ist!
Mit welcher Form des Nyquistkriteriums ließe sich dies ebenfalls zeigen?

d) Berechnen Sie den stationären Endwert der Regelabweichung *e(t)* sowie der Ausgangsgröße *y(t)*, wenn der geschlossene Regelkreis mit einem Sollwertsprung $w(t) = \sigma(t)$ angeregt wird!

e) Welchen Wert nimmt die Ausgangsgröße *y(t)* zum Zeitpunkt t=+0 an?


φ(ω)/Grad
ω
ω
90
-90
-180
-270
A/dB
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10 000, Einheit 62,5 mm, die andere in mm