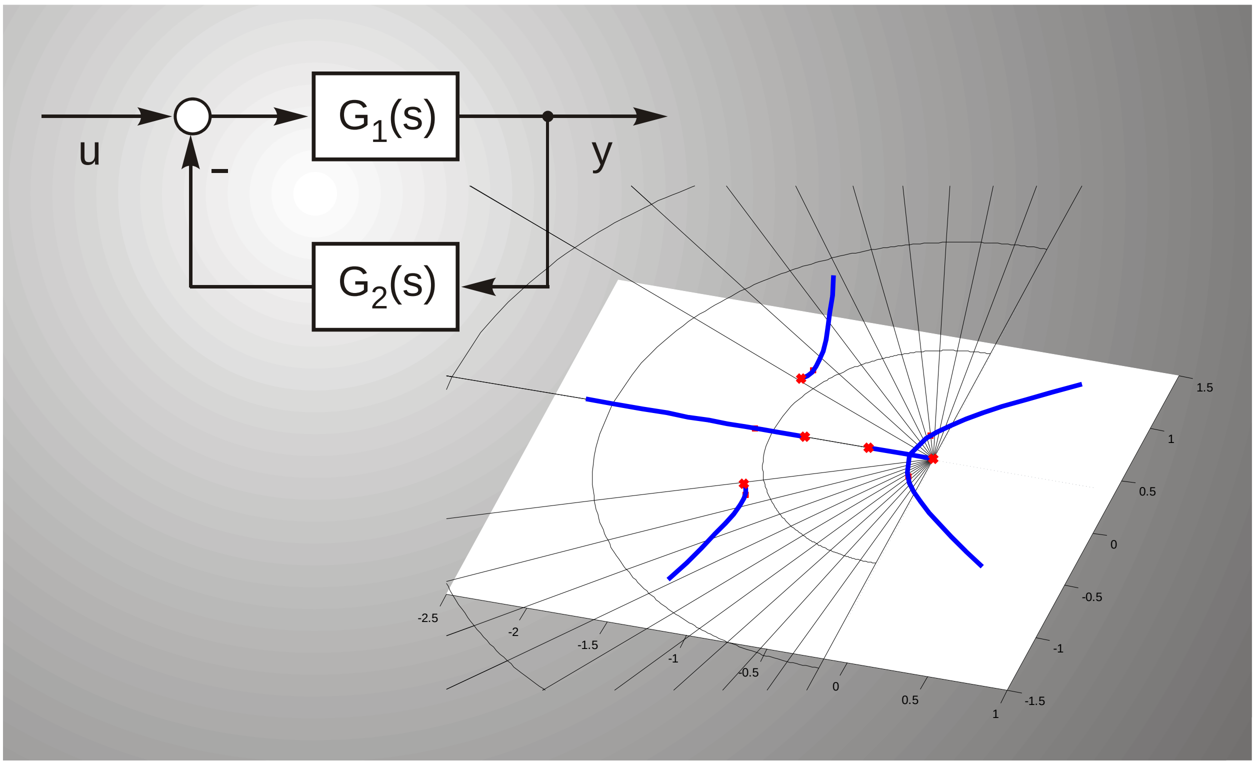
Aufgaben zur Übung 5

Systemdynamik und Regelungstechnik

M. Sc. Patrick Sauter



Sommersemester 2015

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

Karlsruher Institut für Technologie
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 28 (TU) ++

Der Regelkreis mit der Übertragungsfunktion der Strecke

$$G(s) = \frac{-0{,}175s^2 + 0{,}2s - 2{,}5}{0{,}1s^2 - 0{,}8s - 2}$$

sowie einem P-Regler mit k=1 soll mit MATLAB näher untersucht werden.

a) Berechnen Sie die Pole und Nullstellen des offenen Kreises! Lassen Sie sich die Lage in der komplexen s-Ebene anzeigen und geben Sie die faktorisierte Darstellung von $F_o(s)$ an!
Welche charakteristischen Eigenschaften des Regelkreises lassen sich anhand der Pole und Nullstellen ablesen?

b) Lassen Sie sich die Ortskurve sowie das Bode-Diagramm von $F_o(s)$ mit Hilfe des *ltiviewers* anzeigen! Entscheiden Sie mit Hilfe des Nyquistkriteriums, ob der geschlossene Kreis stabil ist?

c) Lesen Sie aus dem Bodediagramm den Amplituden- und Phasenrand des Systems ab! Beachten Sie hierbei eine evtl. von Matlab angezeigte zusätzliche (fälschliche) Phasenanhebung/-absenkung um 360°.

d) Lässt sich aus den bisher angezeigten Darstellungen eine Aussage über das stationäre Verhalten des geschlossenen Kreises treffen? Welche Möglichkeiten gibt es (noch), das stationäre Verhalten und ggf. den exakten stationären Endwert zu bestimmen?

e) Welches Element müsste im offenen Kreis enthalten sein, um stationäre Genauigkeit des Regelkreises sicherzustellen?

Aufgabe 29 (UE) ++

Für einen Standardregelkreis mit der Streckenübertragungsfunktion

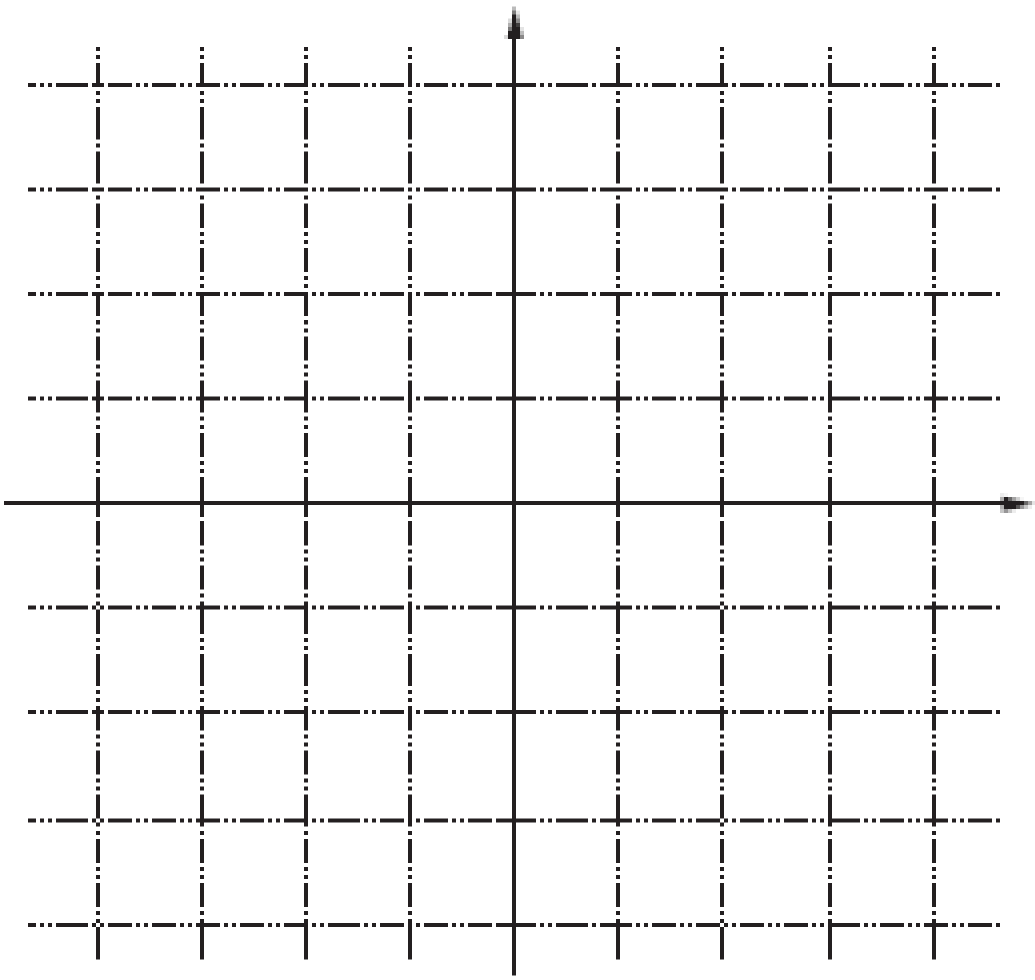
$$G_S(s) = \frac{1}{s\left(s^2 + 4s + 5\right)}$$

soll die Wurzelortskurve bei Einsatz eines P-Reglers $G_R(s) = k_R,\;\; k_R \geq 0$ untersucht werden.

a) Zeichnen Sie die Wurzelortskurve für das gegebene System in das vorbereitete Diagramm. Geben Sie außerdem den Wurzelschwerpunkt, die Anstiegswinkel der Asymptoten, die Verzweigungspunkte und die Polaustrittswinkel an.

Hinweis:
- Die Verzweigungspunkte stellen im geschlossenen Regelkreis doppelte Polstellen dar.
- $\arctan 0{,}5 \approx 26{,}6°$

b) Bestimmen Sie die möglichen Werte der Reglerverstärkung k_R so, dass der geschlossene Kreis stabil ist.



Aufgabe 30 (TR)

Zeichnen Sie die Wurzelortskurven der folgenden Systeme von Hand! Berechnen Sie zuvor mit Hilfe der Konstruktionsregeln alle relevanten Punkte und Winkel. Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse in MATLAB mit Hilfe eines geeigneten Befehls!

a)

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

b)

$$F_o(s) = k(s+3)$$

c)

$$F_o(s) = k\frac{(s-3)}{(s+3)}$$

d)

$$F_o(s) = \frac{k}{s^2+4s+8}$$

e)

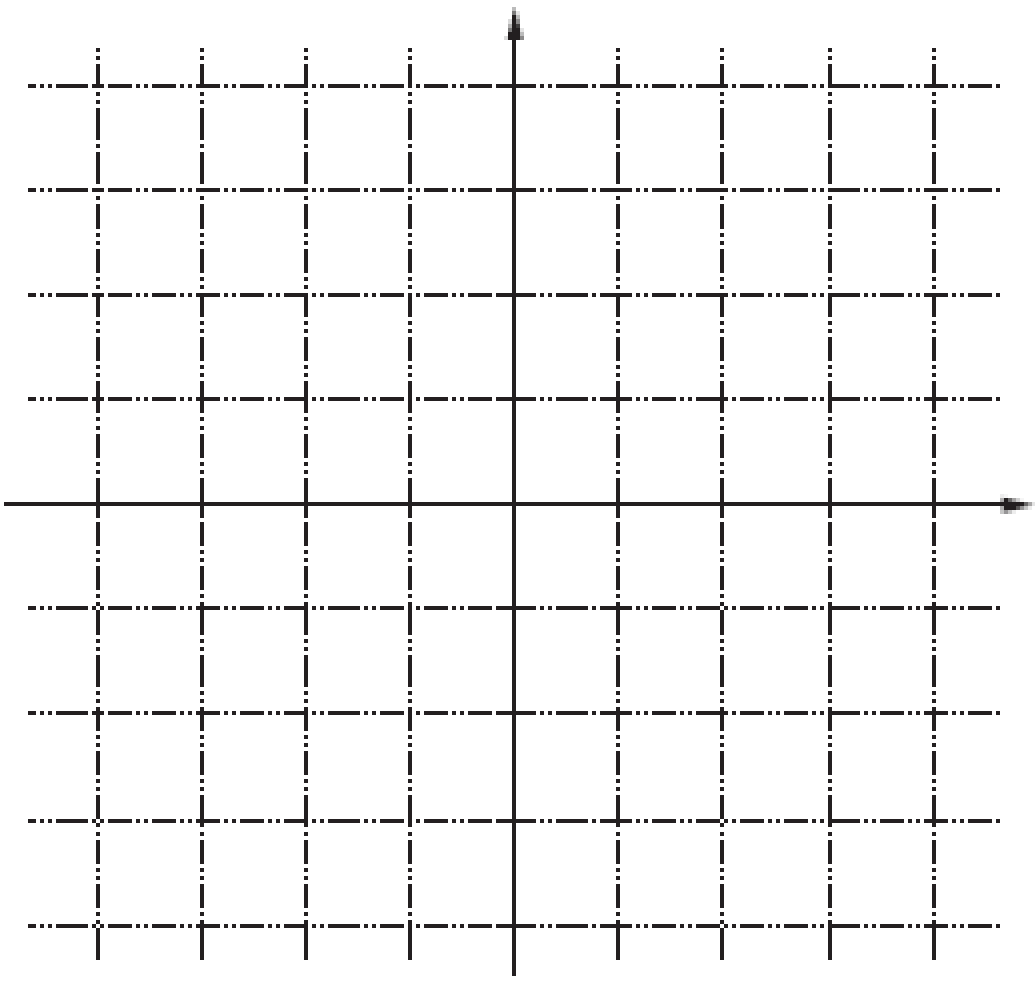
$$F_o(s) = \frac{k\left(s^2+4s+\frac{17}{4}\right)}{\left(s^2+10s+26\right)}$$

f)

$$F_o(s) = k\frac{\left(s^2-s+\frac{1}{2}\right)}{(2s+1)(2s+3)}$$

g)

$$F_o(s) = \frac{10k(s-1)}{(s+2)\left(s^2+2s+5\right)}$$



Aufgabe 31 (TR)

Für die folgenden Systeme sollen unter Zuhilfenahme von MATLAB Regler entworfen werden. Verwenden Sie dabei die jeweils angegebenen Reglerentwurfsverfahren und prüfen Sie, ob die Anforderungen durch die entworfenen Regler erfüllt sind.

a)

Die Strecke $G_S(s) = 166{,}6 \dfrac{(2s+2{,}4)(0.4s+1)}{(2s+13)\left(s^2+4s\right)(5s+1)}$

soll mit einem realen PD-Regler $G_R(s) = k_R \dfrac{1+T_V s}{1+T_N s},\quad \mathrm{T}_N = 0{,}1T_V$

geregelt werden. Die Reglerparameter sind mittels Frequenzkennlinienverfahren so zu bestimmen, dass der geschlossene Kreis möglichst schnell wird und eine Phasenreserve von 60° aufweist. Welchen Nachteil muss man durch diesen Regler in Kauf nehmen? Was kann man dagegen tun?

Hinweis: Nutzen Sie das SISO-Tool!

b)

Für die Strecke $G_S(s) = \dfrac{3}{(1+10s)(1+0{,}4s)}$ soll mit Hilfe des Betragsoptimums ein PI-Regler entworfen werden.

c)

Die Strecke $G_S(s) = \dfrac{15\left(s^2+2s+10\right)}{s^4+46{,}6s^3+572{,}6s^2+827s+300}$ soll so geregelt werden, dass der geschlossene Regelkreis das Wunsch-Führungsverhalten $F_W(s) = \dfrac{1}{\left(1+\frac{1}{20}s\right)\left(1+\frac{1}{25}s\right)}$ aufweist. Berechnen Sie einen vollständigen Kompensationsregler. Nutzen Sie ggf. den Befehl *minreal(sys)* um das gegenseitige Aufheben von aufeinanderliegenden Polen und Nullstellen in Übertragungsfunktionen zu erzwingen.

d) ✣✣

Für die Allpass-Strecke $G(s) = \frac{s+1}{s-1}$ soll mit dem Wurzelortskurvenverfahren und unter Verwendung des SISO-Tools ein Regler entworfen werden, der die Grundanforderungen nach Stabilität und stationärer Genauigkeit im geschlossenen Regelkreis erfüllt. Ist ein P-Regler hier ausreichend? Prüfen Sie ggf. durch Simulation! Entscheiden Sie sich andernfalls für einen anderen Reglertyp und entwerfen sie diesen!

Aufgabe 32 (TU) ✣✣/✣

Gegeben sei das System mit der folgenden Streckenübertragungsfunktion:

$$G(s) = \frac{-2,5}{0,025s^3 + 0,4s^2 + 1,7s + 2}.$$

Für dieses soll unter Zuhilfenahme von MATLAB ein PI-Regler entworfen werden.

a) Berechnen Sie zunächst die Pole und Nullstellen des Systems! Lassen Sie sich die Lage in der komplexen s-Ebene anzeigen und geben Sie die faktorisierte Darstellung von G(s) an!
Ist das System stabil? Ist es stationär genau? Betrachten Sie ggf. auch die Sprungantwort des Systems!

Nun sollen die Einstellregeln nach dem Betragsoptimum zum Einsatz kommen.

b) Welcher Streckentyp liegt hier vor, d.h. welche Regel (aus der Tabelle zum Betragsoptimum, siehe z.B. Formelsammlung) sollte verwendet werden?

c) Berechnen Sie je einen PI-Regler für den Fall eines allgemeinen Nennerpolynoma (erster Streckentyp) sowie für den Fall einer großen Zeitkonstante (2.Streckentyp)! Plotten Sie sich die Sprungantworten der mit diesen Reglern geschlossenen Kreise und überlegen Sie erneut, welcher Streckentyp (welche Regel) hier besser geeignet ist!

d) Variieren Sie die Streckenzeitkonstanten, sodass eine deutlich größte Zeitkonstante vorliegt und wiederholen Sie Aufgabenteil c) für die veränderte Strecke! Welchen Schluss können Sie daraus über die verschiedenen Fälle der Einstellregeln nach dem Betragsoptimum ziehen?