

Systemdynamik und Regelungstechnik

Übung 8: vermaschte Regelkreise, Reglerentwurf mit WOK-Verfahren

Lukas Kölsch, M. Sc.

INSTITUT FÜR REGELUNGS- UND STEUERUNGSSYSTEME (IRS)



Ausblick

- Übung 7:
Parameteroptimierung
- Übung 8 (heute):
Vermaschte Reglerstrukturen,
Nähere Details zur Klausur
- Übung 9 (Do, 12.07.2018):
Digitale Regelkreise

Übung/Tutorium 8: Themen

Übung

Tutorium

Vorsteuerung

Kaskadenregelung

Störgrößen-
aufschaltung

Reglerentwurf mit
WOK-Verfahren

Allgemeines zur
Klausur

Vermaschung

- Lösung der Regelungsaufgabe mit erweiterter Regelkreisstruktur
 - Getrennter Entwurf von Führungs- und Störverhalten
 - Verbesserung der Regelgüte
- Reglerentwurf jeweils mit den bekannten Verfahren möglich
- Drei bekannte Strukturen:

Kaskadenregelung

→ Aufgabe 48 (TU)

Vorsteuerung

→ Aufgabe 49 (UE)

Störgrößenaufschaltung

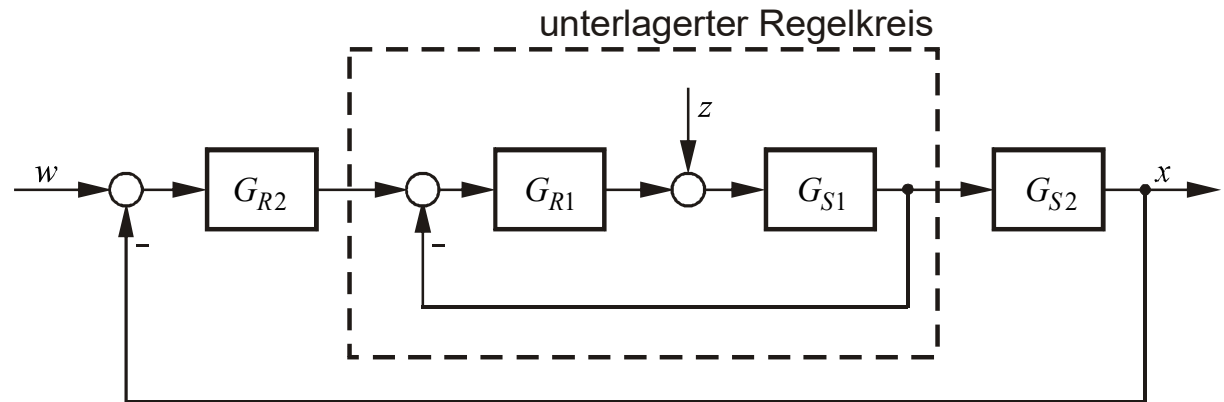
→ Aufgabe 50 (TR)

- Weitere Vermaschungs-Strukturen sowie Kombination möglich

Kaskadenregelung

- wenn „Zwischengrößen“ in der Strecke messbar → separate Rückführung

- Verschachtelte Struktur



- Wenn innere Regelkreise

deutlich schneller, als äußere

→ inneren RK als P- /PT₁-Glied approximieren

→ dadurch einfache Strecken für nächsten Reglerentwurf

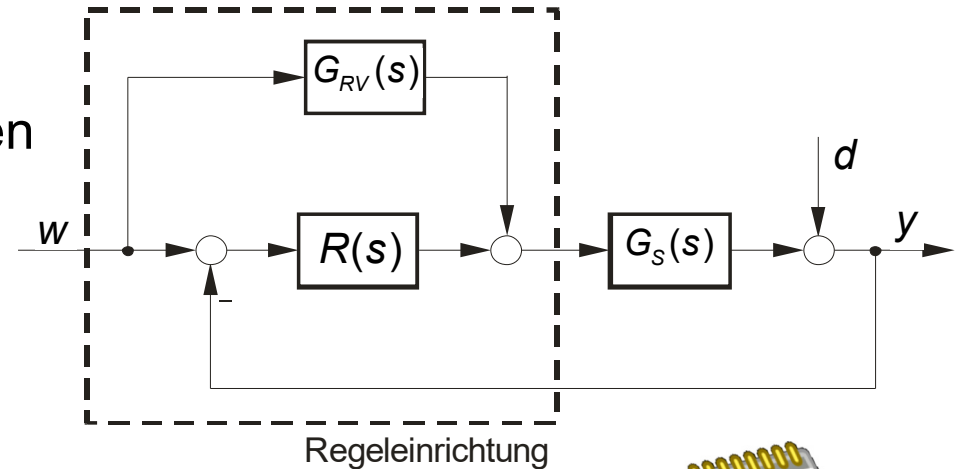


Vorgehensweise:

- Innerste Teilstrecke bestimmen → Reglerentwurf
- Geschlossenen innersten Kreis mit nächster Teilstrecke zusammenfassen (evtl. durch einfaches Glied approximieren) → Reglerentwurf
- Usw.: von innen nach außen

Vorsteuerung

- Führungsgrößenabhängige Beeinflussung der Stellgröße parallel zur Rückführung
- 2 Regler für Führungs- und Störverhalten können getrennt entworfen werden
- Führungs-Regler $G_{RV}(s)$ entspricht Steuerung (keine Information über $y(t)$)



Vorgehensweise:

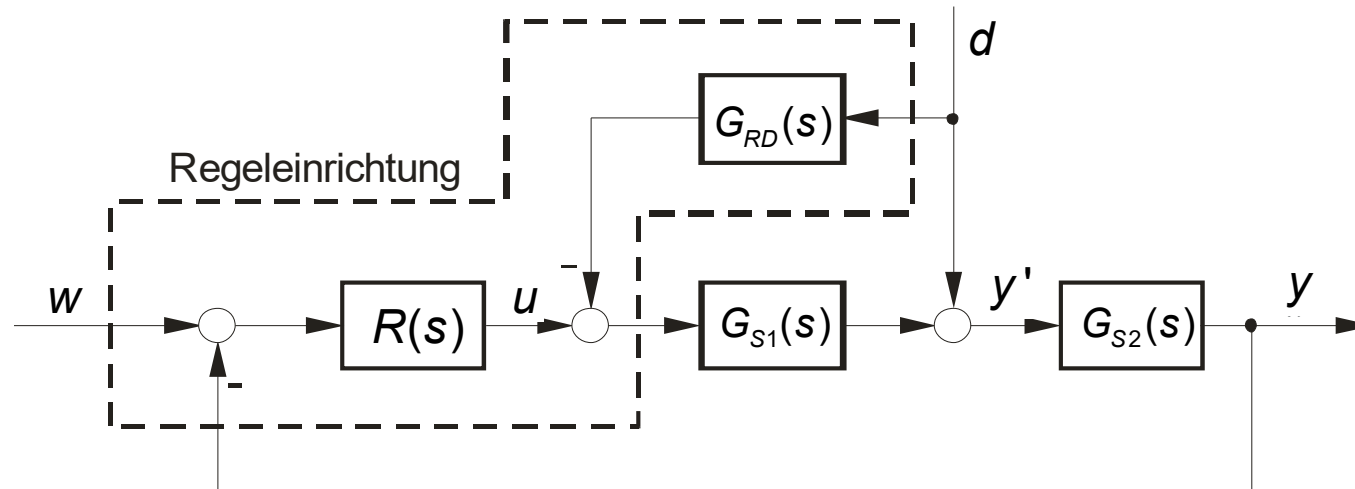
- Entwurf des Reglers $R(s)$ für Störverhalten
- Berechnung der Vorsteuerung $G_{RV}(s)$ aus resultierender Führungs-ÜF

und Wunsch-Führungs-ÜF:
$$G_W(s) = \frac{G_S(s)(R(s) + G_{RV}(s))}{1 + R(s)G_S(s)}$$



Störgrößenaufschaltung

- Wenn Störgröße bekannt (messbar bzw. selbst eingestellt)



Vorgehensweise:

- Identifizieren, wo Störung angreift, ob entsprech. Streckenteil kompensierbar
- Auslegung von $G_{RD}(s) = \frac{1}{G_{S1}(s)}$
- Reglerentwurf für $R(s)$ auf Führungsverhalten

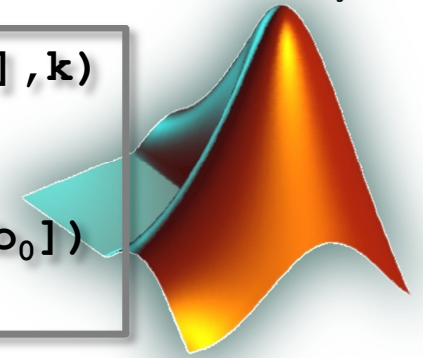


Aufgabe 49 (UE)

- Positionsregelung einer Antenne:

$$G_S(s) = \frac{0,1(s+2)}{(s+0,2)(s+0,01)(s+1)^2}$$

```
zpk([n1,n2,...],[p1,p2,...],k)
pole(sys)
max(x)
tf([...a2,a1,a0],[...b1,b0])
sisotool(sys,reg)
```



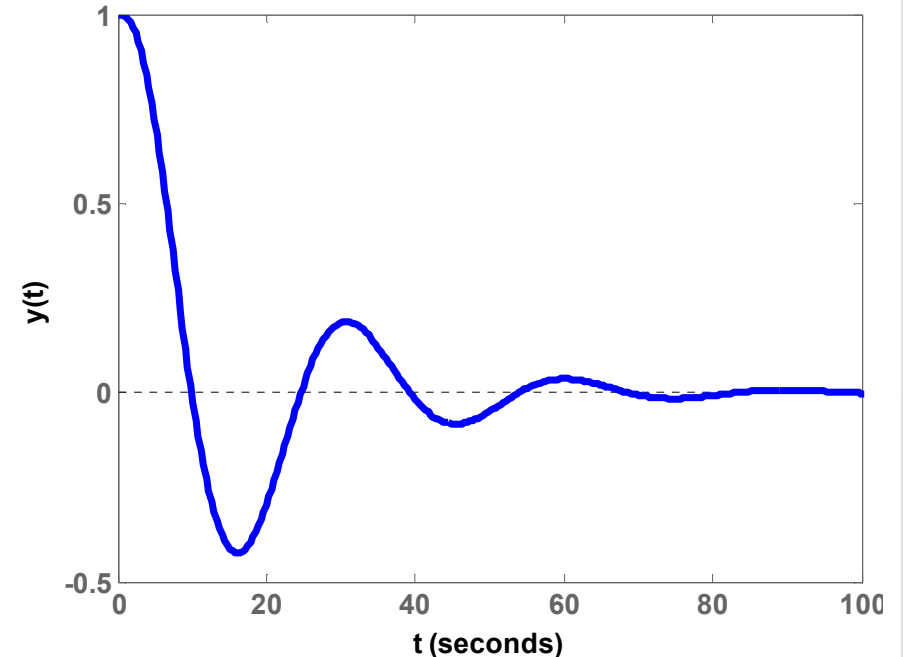
- a) Vorteil der Struktur:
getrennte Auslegung für Führungs- und Störverhalten möglich

- b) Frequenzkennlinienverf. mit MATLAB,
Verwendung des SISO-Tools

zur Erinnerung:

gut gedämpftes Störverhalten
bei wenigstens 30° Phasenreserve

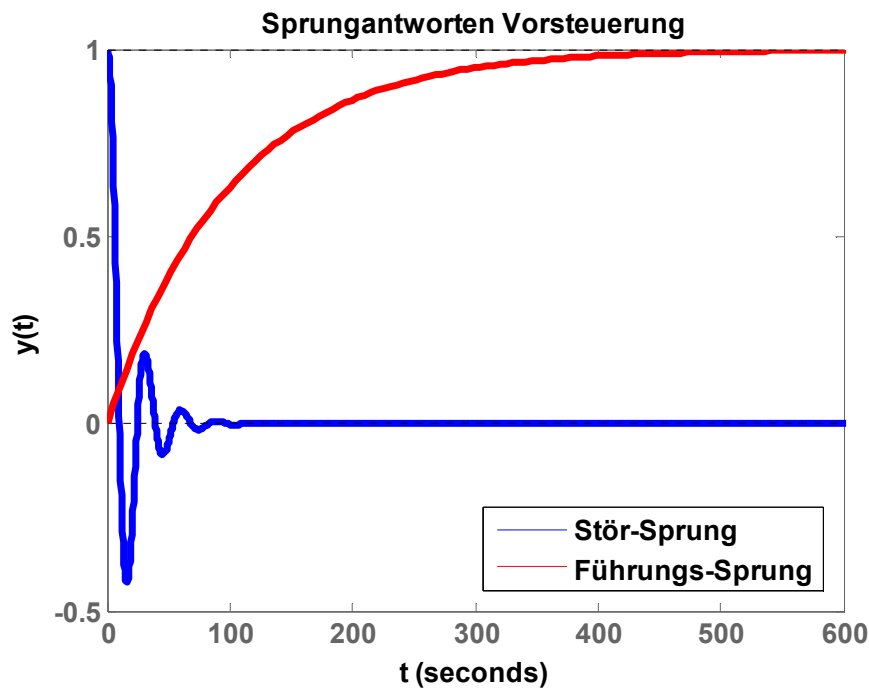
Sprungantwort der Störübertragungsfunktion



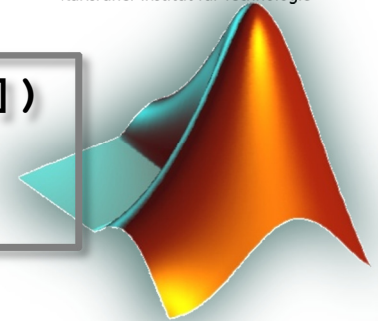
Aufgabe 49 (2)

- c) für $G_W(s)$ gefordert:

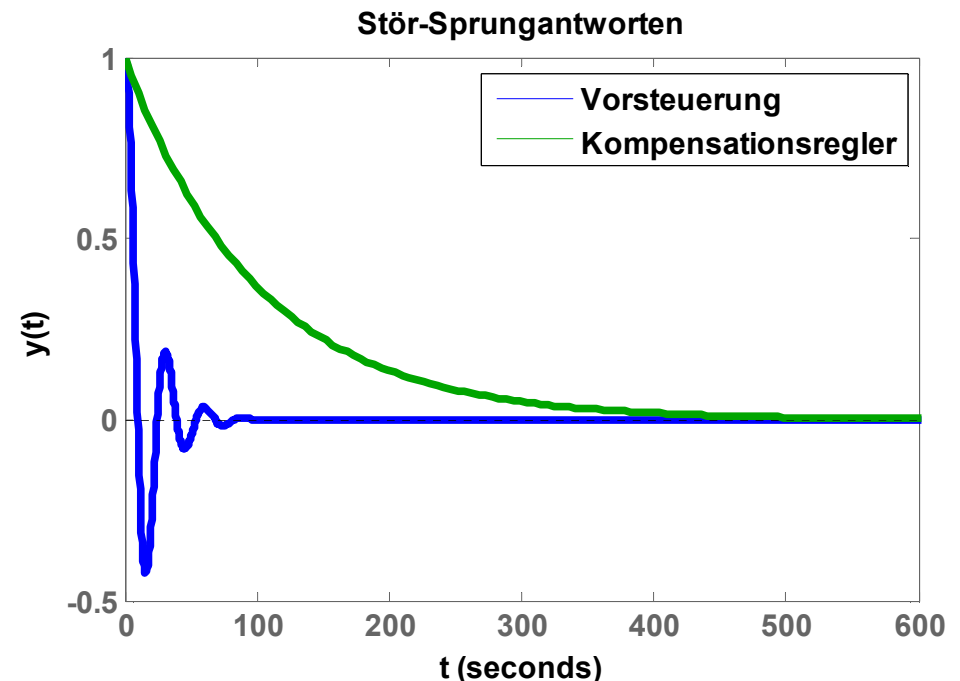
$$G_W(s) = \frac{1}{1+100s}$$



```
tf([... , a2 , a1 , a0] , [... , b1 , b0])
sysmin=minreal(sys)
step(sys)
```



- d) Kompensationsregler führt auf gleiches Führungsverhalten
→ ABER: Störantwort jetzt viel langsamer



Reglerentwurf mit WOK-Verfahren

- Durch Kenntnis/Verwendung der Konstruktionsregeln lässt sich auf eine sinnvolle Wahl der Reglerdynamik schließen
- Einstellen des Verstärkungsfaktors
 - Ausprobieren mit Simulationstool, bis befriedigendes Verhalten erreicht
→ z.B. mit SISO-Tool in MATLAB
 - Berechnung
→ bei klar formulierten Anforderungen möglich (z.B. Klausuraufgaben, A37b))
→ **A52 (TR) a) / b)**

Vorgehensweise:

- WOK für $F_o(s)$ zeichnen, System analysieren (stabil? Schwingung?)
- gewünschte Form der WOK überlegen
- Konstruktionsregeln „rückwärts“ benutzen
→ Anzahl und Lage zusätzlicher Pole/Nsten ableiten
- neue WOK zeichnen und Verstärkungsfaktor bestimmen (s.oben)



SRT – Was sollten Sie mitnehmen?

Systembeschreibung:

- Aufstellen von Modellgleichungen, Übertragungsfunktionen
- Transformieren von Signalen/Systemen in Zeit-/Frequenzbereich
- Signalflossbildumformungen
- Regelkreisstrukturen
- Verhalten elementarer Regelkreisglieder
- Realisierbarkeit von Regelkreisgliedern
- Erkennen von Nichtlinearitäten
- Linearisierung dynamischer Systeme
- Aufbau von Simulationen mit SIMULINK
- Zeitdiskrete Systeme, digitaler Regelkreis, Diskretisierungsverfahren

SRT – Was sollten Sie mitnehmen?

Analyse:

- Zeichnen/Interpretieren von Frequenzbereichsdarstellungen
 - Nyquist-Ortskurve (NOK)
 - Bode-Diagramm/Frequenzkennlinien (FKL)
 - Pol-/Nullstellen-Plan
- Erkennen von Systemeigenschaften
 - Stabilität
 - Stationäres Verhalten
- Anwenden der Stabilitätskriterien
 - Hurwitz (algebraisch)
 - Nyquist (graphisch)
- Zeichnen/Auswerten von Darstellungen mit MATLAB
- Ableiten von Spezifikationen für den Reglerentwurf aus Systemanalyse und Anforderungen

SRT – Was sollten Sie mitnehmen?

Reglerentwurf:

- Einstellregeln nach Ziegler-Nichols
 - Identifikation der Parameter an der Stabilitätsgrenze und Ableitung der Reglerparam.
- Vollständige Kompensation
- Einfache Einstellregeln (teilweise Kompensation)
 - Wahl des Reglertyps
 - Identifikation/Wahl der zu kompensierenden Zeitkonstanten
- Frequenzkennlinienverfahren
 - Wahl des Verstärkungsfaktors für geforderte Phasenreserve
- Wurzelortskurvenverfahren
 - Konstruktionsregeln, Wahl zusätzlicher Dynamik
- Parameteroptimierung (Betragsoptimum, symm. Optimum, MQR)
- Vermaschte Regelkreisstrukturen
 - Kaskadenregelung, Störgrößenaufschaltung, Vorsteuerung
- Verwendung des SISO-Tools in MATLAB
- Fast-Sampling-Design, Zeitdiskreter Reglerentwurf, Deadbeat-Regler

Klausur - Organisatorisches

- Termin:
 - Di., 31.07.2018, 14.30-16.30 Uhr
- Ort:
 - Hörsaalverteilung wird noch bekannt gegeben (www.irs.kit.edu)
- Dauer/Umfang:
 - 120 Minuten für 4 Aufgaben
- Relevante Inhalte
 - Vorlesungsstoff
 - Übungsaufgaben
 - Fragen auch zu MATLAB/SIMULINK
- Zugelassene Hilfsmittel
 - Schreibzeug (Geodreieck für WOK mitnehmen!)
 - Formelsammlung, Aufgabenblätter und Lösungsblätter werden ausgeteilt

Klausur - Vorbereitung

- Verständnis (Vorlesungsunterlagen, Übungsfolien)
- Rechenpraxis
(TR-Aufgaben → UE-/TU-Aufgaben → alte Klausuraufgaben)
- bei Fragen:
 - Forum
 - Tutoren
 - Sprechstunde Übungsleiter:

BITTE: vorher per E-Mail Termin ausmachen und Problemstellung grob schildern

Terminliche Änderungen

Juni 2018	Juli 2018
01 V11*	01
02	02 Tut 7
03	03 Ü8
04 Tut 3	04
05 Ü4	05 V18 + Modell- vorstellung
06	06 V19
07 V12	07
08 V13	08
09	09 Tut 8
10	10
11 Tut 4	11
12 Ü5	12 Ü9
13	13
14 V14	14
15 V15	15
16	16 Tut 9
17	17
18 Tut 5	18
19 Ü6	19
20	20
21 V16	21
22 V17	22
23	23
24	24
25 Tut 6	25
26	26
27	27
28 Ü7	28
29	29
30	30
	31 KLAUSUR

**Sondertermin ab 13:00
Uhr, Neue Chemie mit
BPA und Prof. Kluwe (IRS)**

- Allgemeine Studienberatung
- Infos zu den Master-Studienmodellen 5 und 8

**Ab 17:30 Uhr im
Audimax-Foyer:**

- VDE-Modellberatungs-
abend