

Systemdynamik und Regelungstechnik

Übung 3: Signale/ Systeme, stationäres Verhalten, Diskretisierung, MATLAB/SIMULINK

Lukas Kölsch, M.Sc.

INSTITUT FÜR REGELUNGS- UND STEUERUNGSSYSTEME (IRS)



Organisatorische Hinweise zu Tutorienwoche 3



- Nächste Woche: Rechnergestützte Systemanalyse mithilfe von MATLAB und Simulink
 - Bitte nach Möglichkeit **eigenen Laptop** mit vorinstallierter MATLAB-Software mitbringen
 - Kostenlos erhältlich im Softwareshop des SCC:
<http://www.scc.kit.edu/produkte/3841.php>
 - Alternativ: Benutzung von institutseigenen Laptops
 - Ausgabe ab 15 Minuten vor der jeweiligen Tutoriumsstunde bei **Hartmut Jung (Gebäude 11.20 (IRS), Zimmer 005)**
 - Bitte **Studierendenausweis** zur Verifikation mitbringen
- Im Vorfeld der Tutorienwoche
 - Durchlesen und –arbeiten des SRT-MATLAB-Kompendiums
 - Erhältlich im ILIAS-Arbeitsbereich unter **Übungen → MATLAB_Kompendium_SRT_IRS.pdf**
 - Durchrechnen von **Aufgabe 24** (Trainingsaufgabe)
 - Grundlegende „Basics“ zu MATLAB und Simulink
 - Kenntnisstand wird im Vorfeld von Tutorium 3 vorausgesetzt
 - Lösungen zu Aufgabe 24 heute ab 12:00 Uhr auf ILIAS verfügbar

Übung/Tutorium 3: Themen

Übung

**kontin./diskrete
Signale/Systeme**

Diskretisierung mit MATLAB

stationäres Verhalten

**Systemanalyse mit
MATLAB**

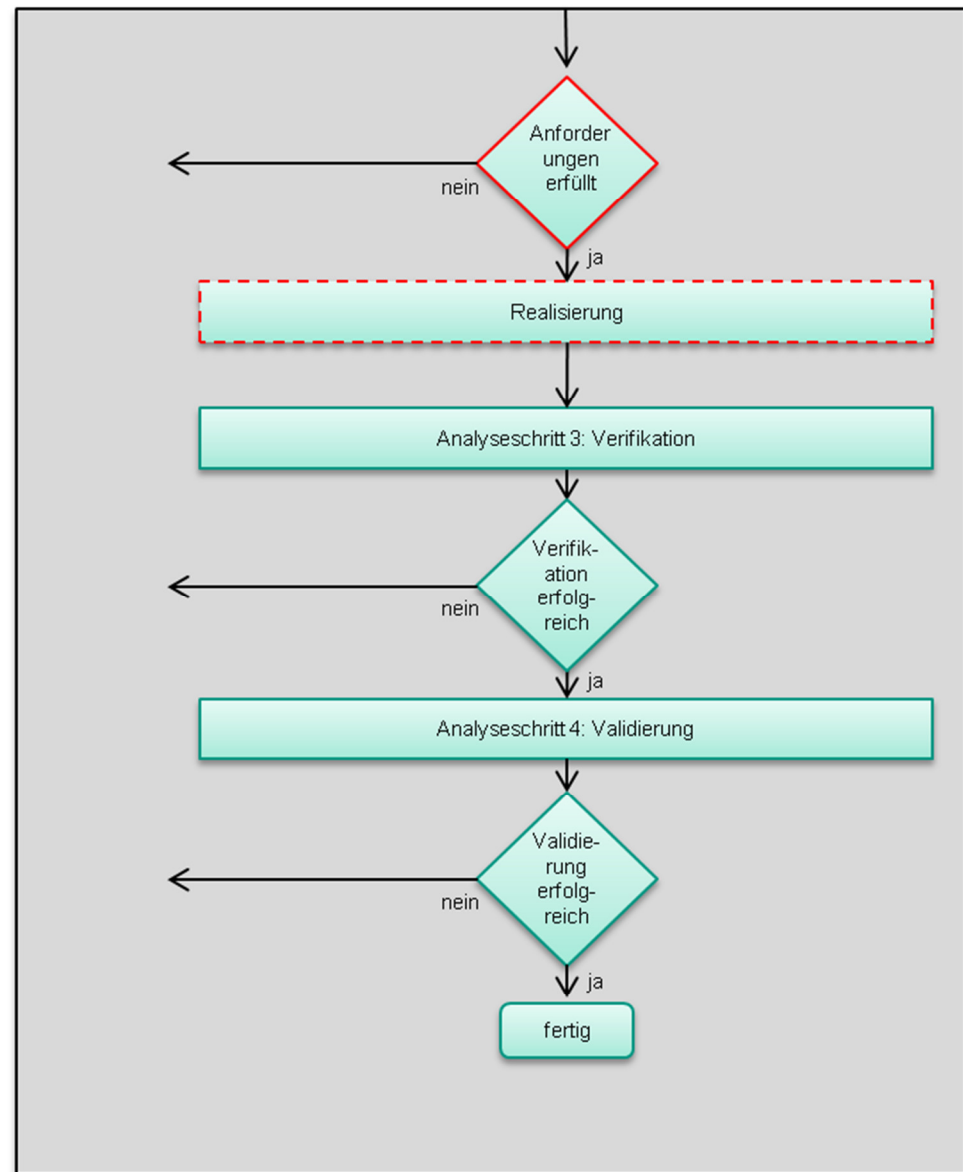
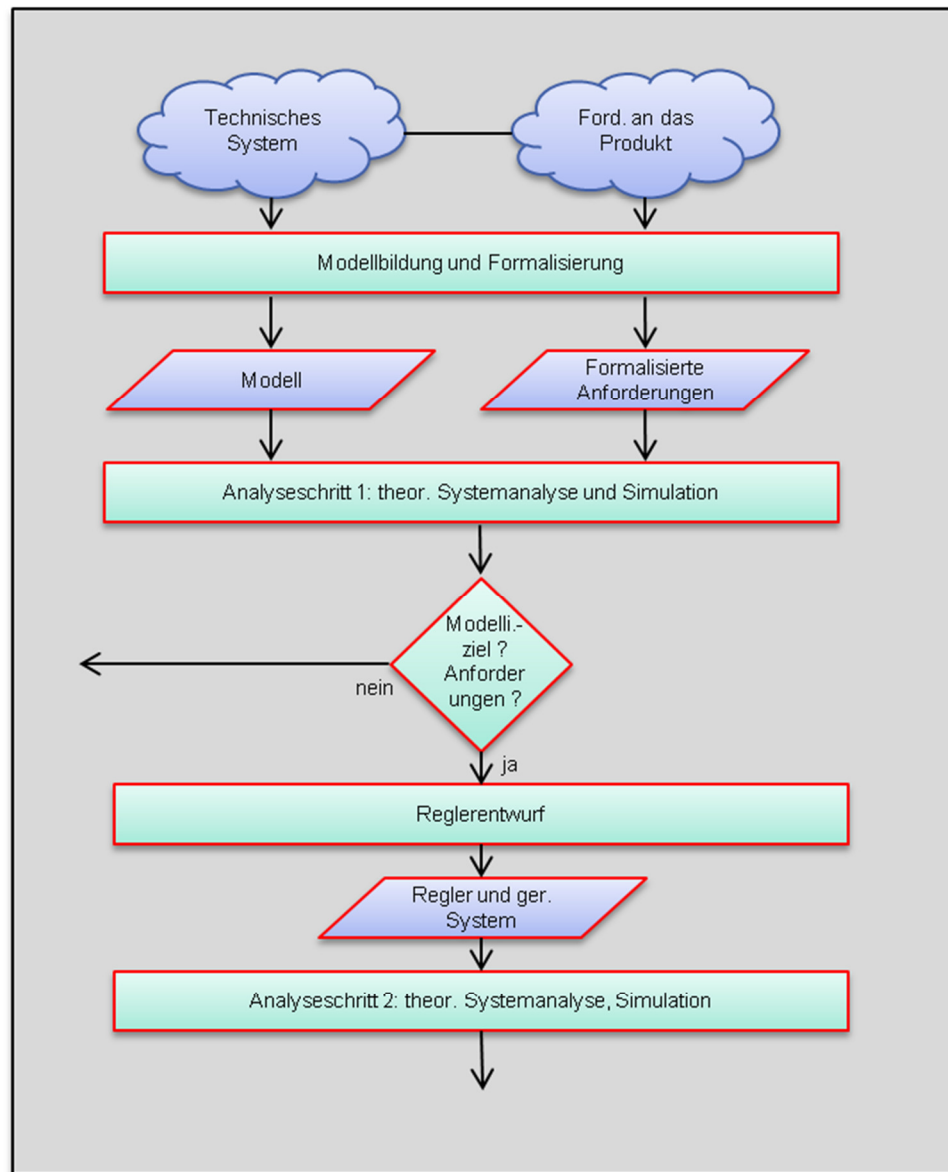
**Frequenzbereichsda-
stellungen mit MATLAB**

Tutorium

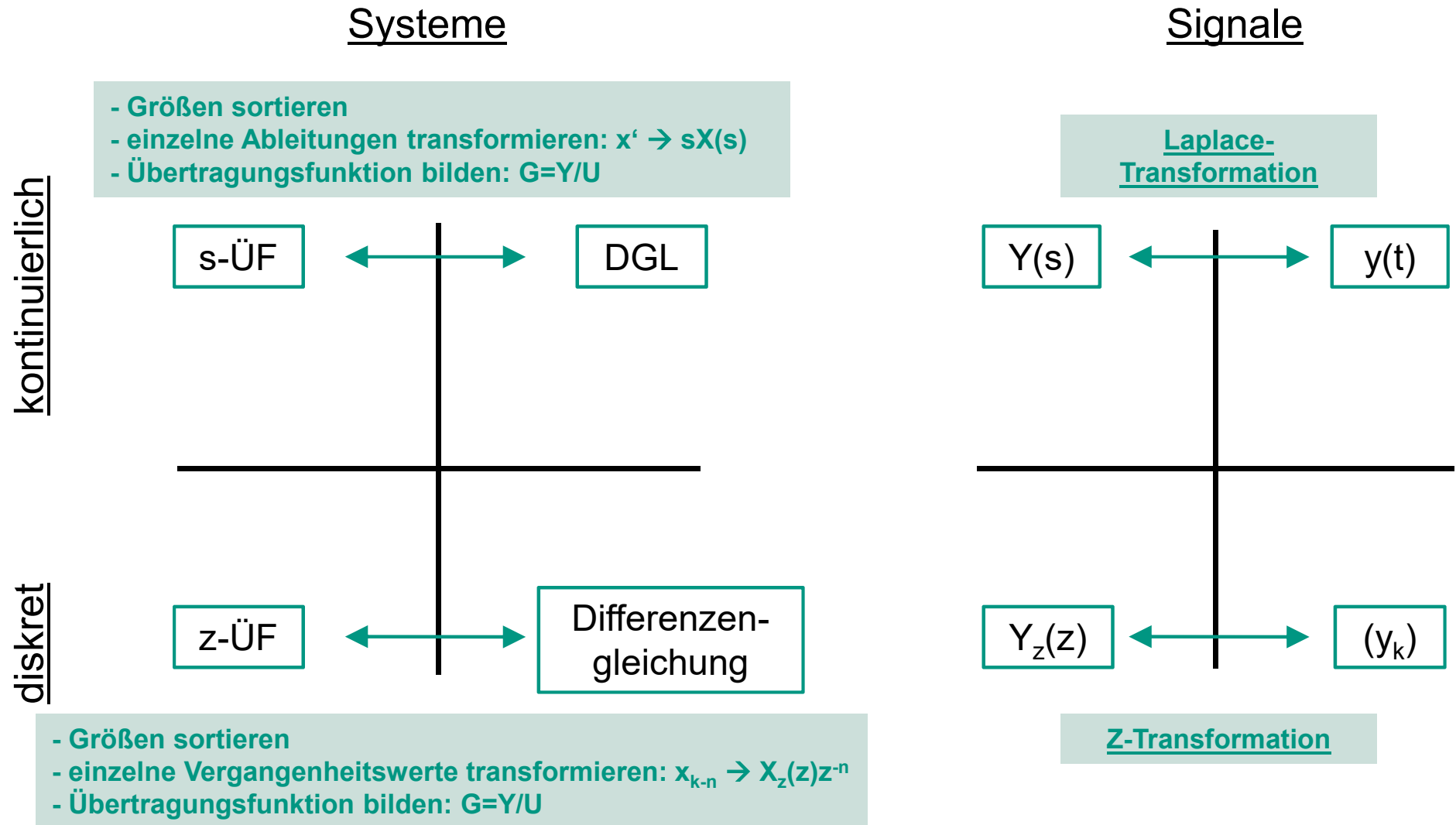
**Modellierung/Simulation
mit SIMULINK**

**Programmieren/
Plotten mit MATLAB**

Entwicklungsablauf für Regelungssysteme



Übersicht konti./diskrete Signale/Systeme



Aufgabe 19 (TR)

■ **b) ⊕** Ausgangsgleichung: $y_k = \frac{1}{2}y_{k-1} + 3u_k - 6u_{k-1}$

Sortieren

$$y_k - \frac{1}{2}y_{k-1} = 3u_k - 6u_{k-1}$$

Z-Transformation

$$Y_z(z)(1 - \frac{1}{2}z^{-1}) = U_z(z)(3 - 6z^{-1})$$

Umformen

$$G_z(z) = \frac{Y_z(z)}{U_z(z)} = \frac{3-6z^{-1}}{1-\frac{1}{2}z^{-1}} = 3 \frac{z-2}{z-\frac{1}{2}}$$

■ **e) ⊕⊕** Ausgangsgleichung: $y(t) = 2 \sin(3t) + 1$

direkt aus Korrespondenztabelle
der Laplace-Transformation:

1	○—●	$\frac{1}{s}$
$\sin(\omega t)$	○—●	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$

Ergebnis: $Y(s) = 2 \frac{3}{s^2+9} + \frac{1}{s}$

Diskretisierung kontin. Signale/Systeme



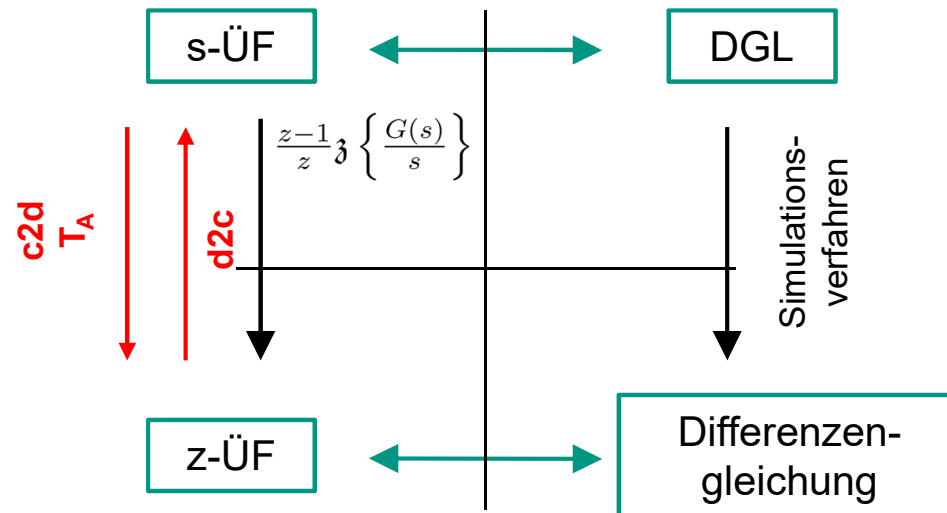
Systeme

Signale

kontinuierlich

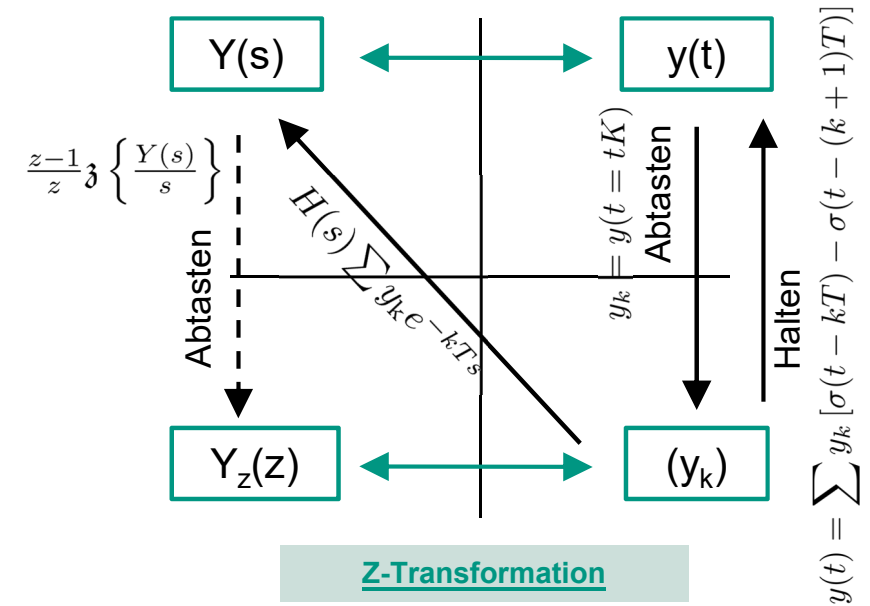
diskret

- Größen sortieren
- Ableitungen transformieren
- Übertragungsfunktion bilden

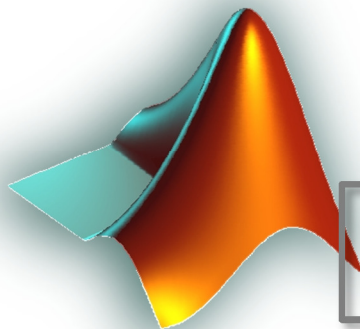


- Größen sortieren
- Vergangenheitswerte transformieren
- Übertragungsfunktion bilden

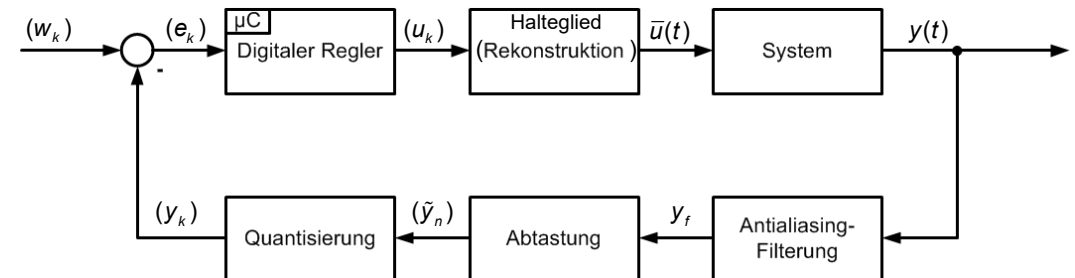
Laplace-Transformation



Z-Transformation

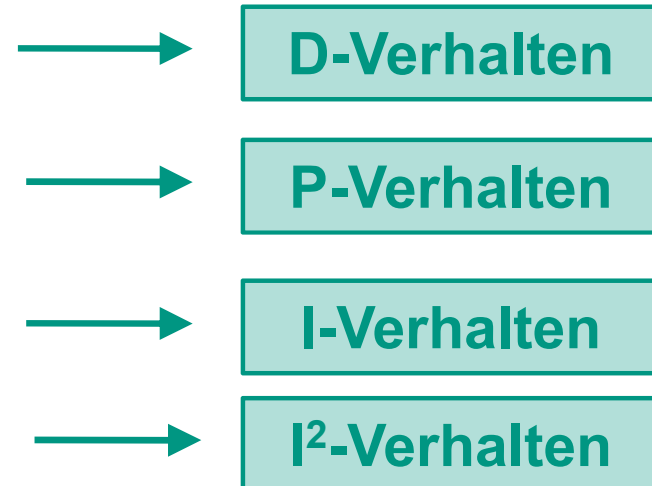


c2d(sys, T_A)
d2c(sys)



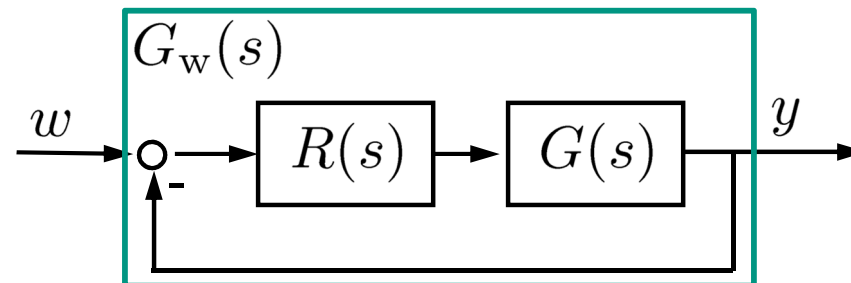
Stationäres Verhalten - Bedeutung

- Im Zeitbereich: Verhalten der Ausgangsgröße bei konstanter Eingangsgröße nach Abklingen aller Einschwingvorgänge ($t \rightarrow \infty$)
- Im Frequenzbereich: Übertragungsverhalten bei Frequenz Null ($s \rightarrow 0$)
- mögliches stationäres Verhalten:
 - Konstante Ausgangsgröße
 - Ausgang = 0
 - Ausgang = Eingang „stationär genau“
 - sonstige konstante Ausgangsgröße
 - Linear steigende Ausgangsgröße
 - Quadratisch
 - (mit höherer Potenz steigende Ausgangsgröße)



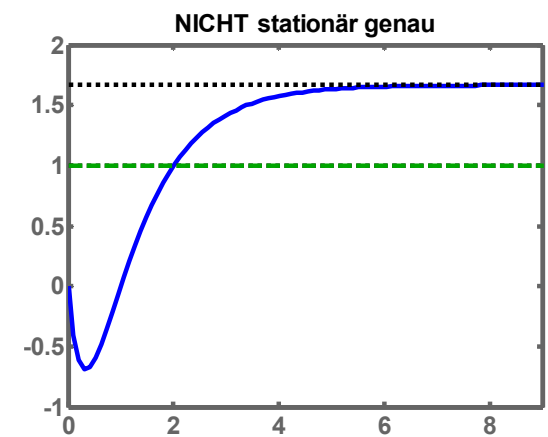
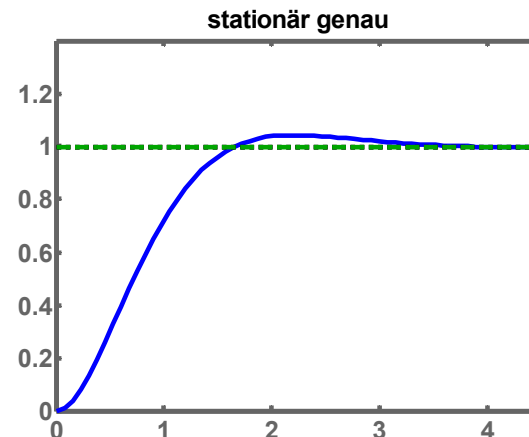
Stationär genaues Verhalten

- Wenn die Ausgangsgröße nach Abklingen dynamischer Anteile gleich dem Eingangswert ist
- ➔ Insbesondere für Regelkreise erwünscht:
Die Regelgröße (Istwert) folgt der Führungsgröße (Sollwert) stationär genau.



- Dann gilt: Gesamtsystem G_w hat stationäre Verstärkung 1

$$y_{\infty} = w_{\infty} \Rightarrow G_w(0) = 1$$



Stationäres Verhalten - Vorgehensweise



- Ablesen in graphischer Darstellung
 - Nyquist-Ortskurve
 - Bode-Diagramm
 - Sprungantwort
- Berechnen des stationären Endwerts mit dem EWS der Laplace-Trafo:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot Y(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot G_w(s) \cdot W(s)$$

Hier: Reaktion auf Eingangssprung betrachtet: $W(s) = \frac{1}{s}$

Also: Berechnung des stationären Endwerts mit

$$y_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot Y(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot G_w(s) \cdot \frac{1}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} G_w(s) = G_w(0)$$

- **Achtung: EWS darf nur angewendet werden bei stabilen Systemen !**
→ vorher auf Stabilität untersuchen

Aufgabe 21 (TR)

■ c) ++

$$G_3(s) = \frac{s-5}{s+2} e^{-\frac{3}{2}s}$$

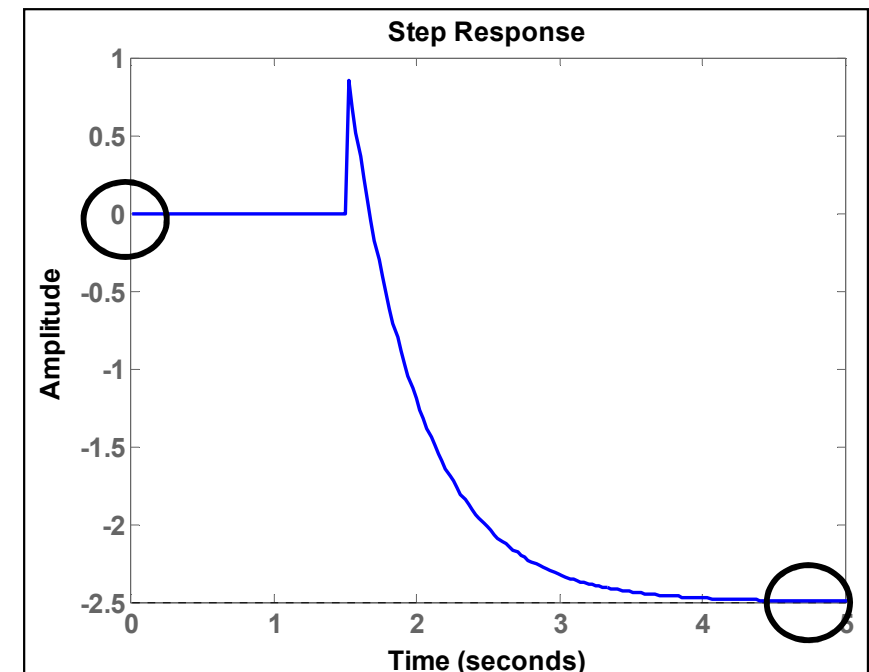
System stabil → EWS anwendbar

$$h_{3,\infty} = G_3(0) = -\frac{5}{2}$$

System nicht differenzierend
→ AWS anwendbar

$$h_{3,0} = \lim_{s \rightarrow \infty} G_3(s) = 0$$

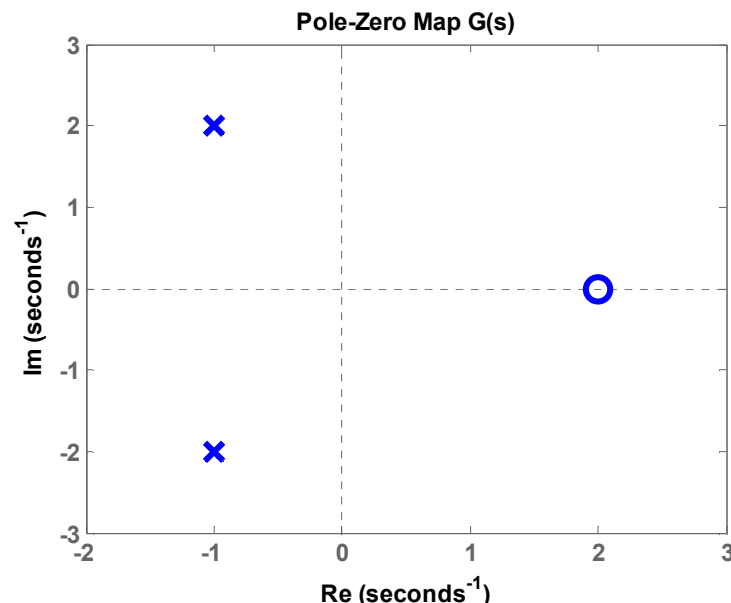
```
tf([...,a2,a1,a0],[...,b1,b0])
dcgain(sys)
step(sys)
```



Aufgabe 20 (TR)

■ c) ++

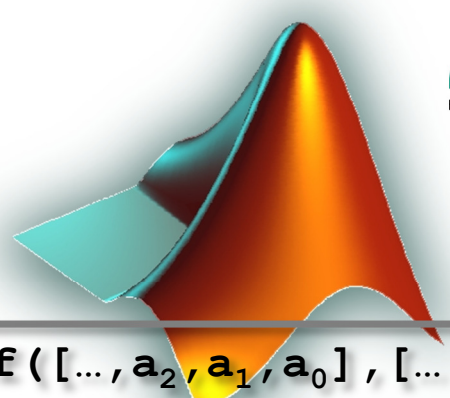
$$G_3(s) = \frac{s-2}{s^2+2s+5}, T_1 = 0.5, T_2 = 2$$



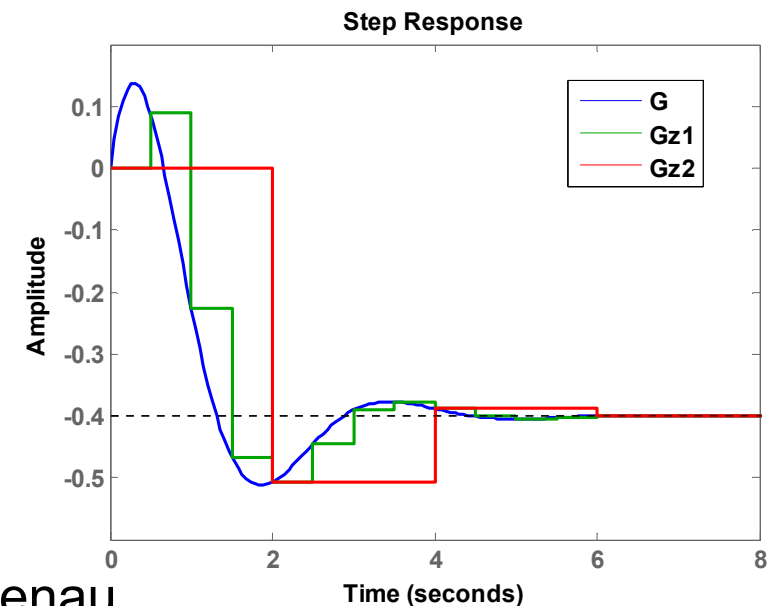
→ $G_3(s)$: stabil, NMP, schwingfähig,
nicht stationär genau

$G_{31z}(z)$: stabil, schwingfähig, nicht stationär genau

$G_{32z}(z)$: stabil, schwingfähig, nicht stationär genau



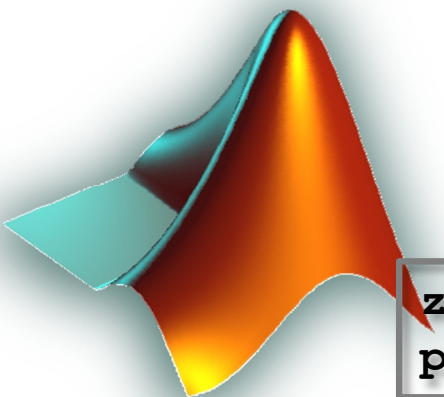
```
tf([...,a2,a1,a0],[...,b1,b0])  
pzmap(sys)  
c2d(sys,T_A)  
step(sys)
```



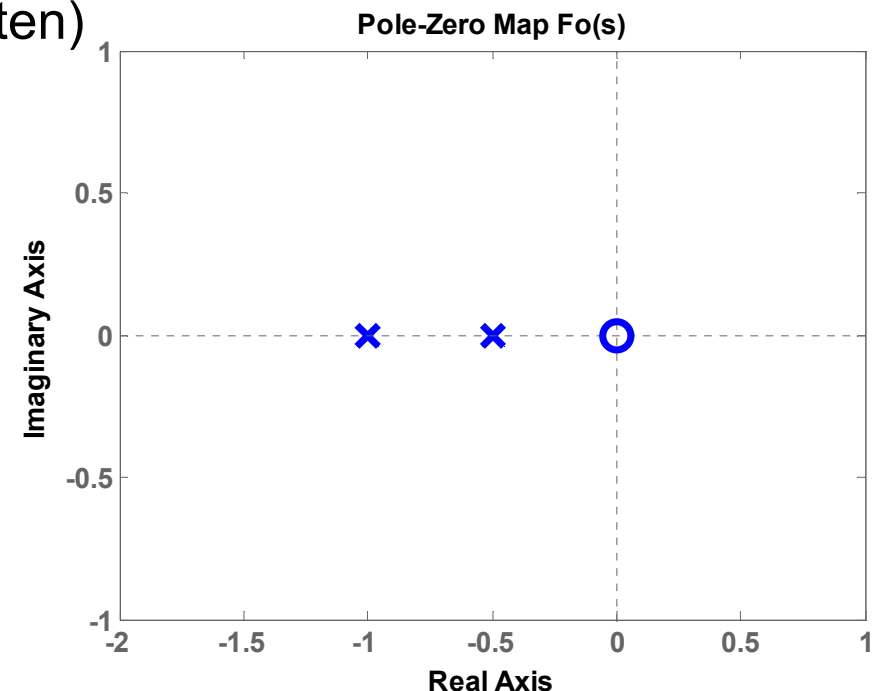
Aufgabe 22 (UE)

$$F_o(s) = \frac{-2kT_1 s^2}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}, T_1 > 0, T_2 > 0, k > 0$$

- a) 2 Pole in linker Halbebene, doppelte Nullstelle in 0
 - stabil (alle Pole links)
 - minimalphasig (keine Pole/Nullstellen rechts)
 - nicht stationär genau (da D²-Verhalten)



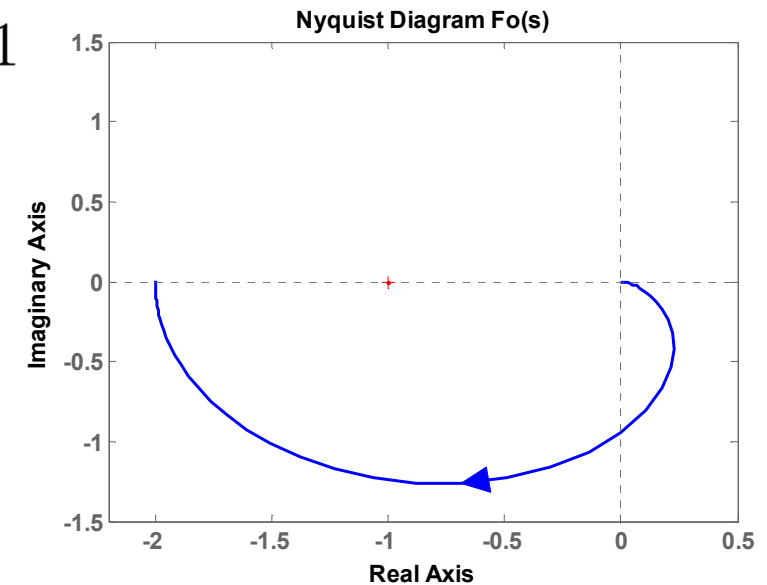
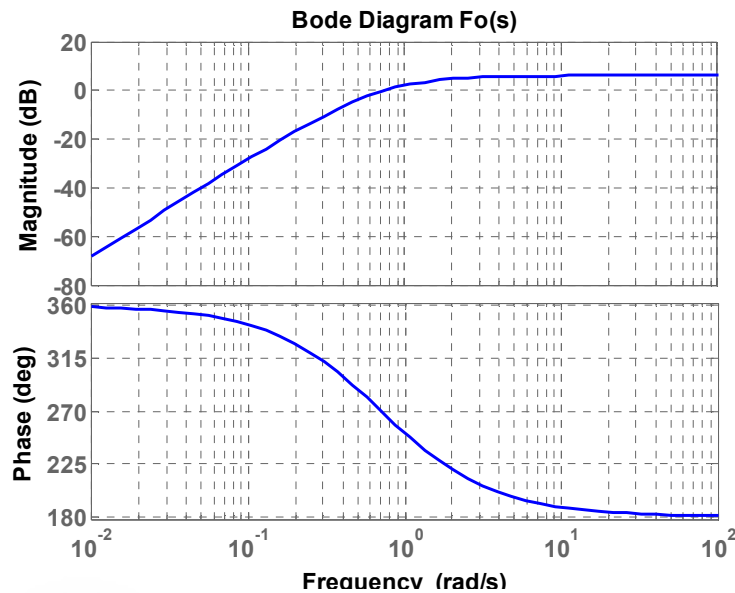
```
zpk([n1, n2, ...], [p1, p2, ...], k)
pzmap(sys)
```



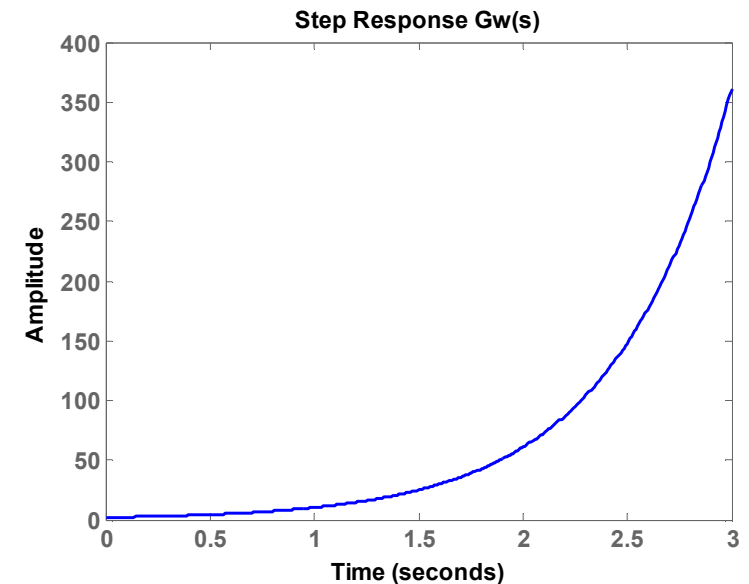
Aufgabe 22 (2)

$$F_o(s) = \frac{-2kT_1 s^2}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}, T_1 = 2, T_2 = 1, k = 1$$

■ b)



■ c) Pole von G_w :
-1, -0.5, -0.28
1.78 → instabil



```
figure
bode(sys)
nyquist(sys)
pzmap(sys)
pole(sys)
step(sys)
```

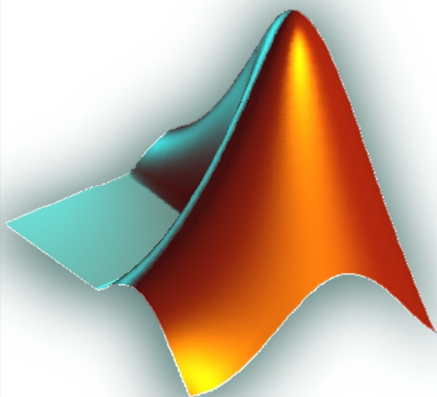
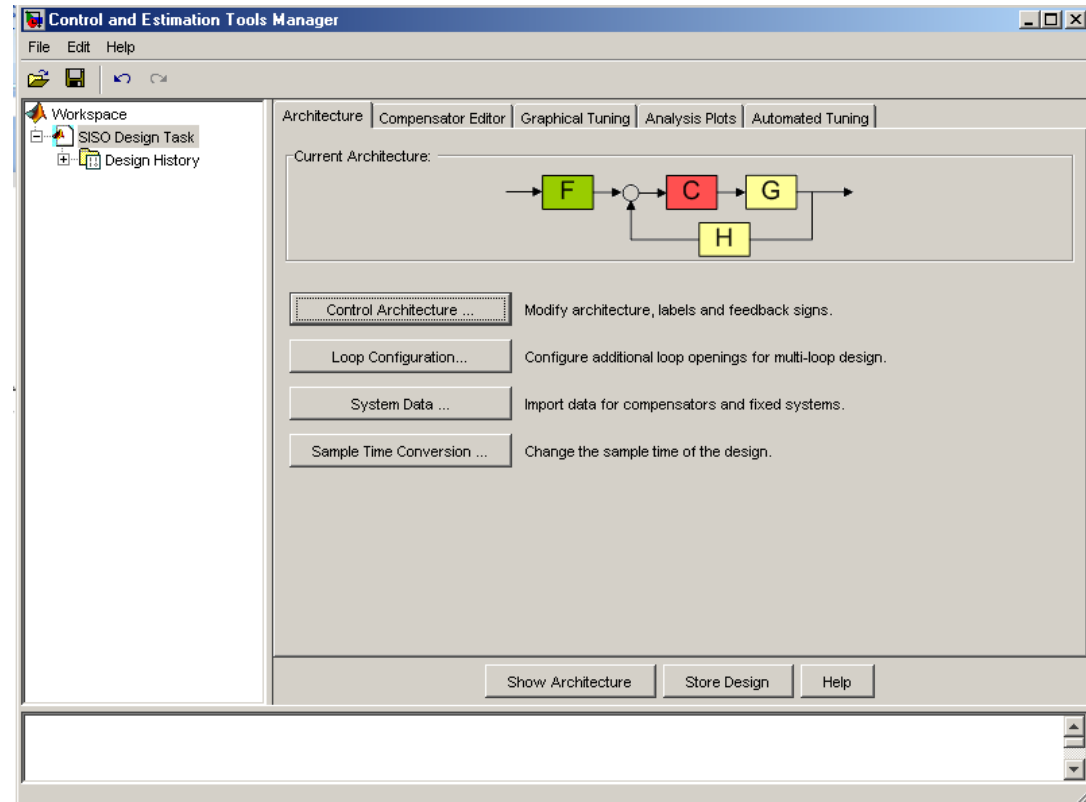
Aufgabe 22 (3)

$$F_o(s) = \frac{-2kT_1 s^2}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}, T_1 = 2, T_2 = 1, k = 1$$

■ d)

Analyse mit dem SISO-Tool

→ $G_w(s)$ stabil für $k < 0,5$



sisotool (Fo)