

Praktikum Automatisie- rungstechnik	Simulation dynamischer Systeme mit dSys Sim_1	Prof. R. Göhl Prof. Dr. J. Höcht Prof. Dr. D. Kraft
--	--	---

Lernziele: Mit Hilfe der von Ihnen durchzuführenden Simulationen werden Sie ein Gespür entwickeln für die Anwendung des Bodediagramms zum Entwurf eines geeigneten Reglers, für die zeitliche Reaktion eines 2-Massenschwingers auf Veränderung der Parameter und den Zusammenhang mit dem Frequenzverhalten, für das Zeitverhalten eines Regelkreises mit Zustandsregler ohne und mit Beobachter als Reaktion auf Störungen und Führungsgrößenänderungen sowie für die Leistungsfähigkeit eines Störbeobachters zur Unterdrückung von Störungen bekannter Struktur, aber unbekannter Parameter.

Inhalt:

- 0. Vorbemerkungen**
- 1. Ortskurve und Bodediagramm elementarer Schaltungen**
 - 1.1 Ortskurve und Bode-Diagramm von PT_m -Gliedern**
 - 1.2 IT_1 -Glied**
 - 1.3 DT_1 -Glied**
 - 1.4 PD-Glied**
 - 1.5 PI-Glied**
 - 1.6 Allpaß (z.B. Pelton-Turbine)**
 - 1.7 PID-Glied**
- 2. Dimensionierung eines Reglers mit Hilfe des Bode-Diagramms**
 - 2.1 Kreisverstärkung und Stabilität**
 - 2.2 Verhalten des geschlossenen Regelkreises**
- 3. Modellierung einer Radaufhängung**
 - 3.1 Aufbau des Modells im Frequenzbereich**
 - 3.2 Untersuchung im Frequenzbereich**
 - 3.3 Untersuchung im Zeitbereich**
- 4. PT_4 -Strecke und Zustandsregler im Störverhalten**
 - 4.1 Aufbau der Strecke mit Zustandsregler**
 - 4.2 Experimente mit der Reglereinstellung**
- 5. PT_4 -Strecke und Luenberger Beobachter**
 - 5.1 Aufbau der Struktur**
 - 5.2 Auswirkung des Angriffspunktes einer Störung z auf den Beobachterfehler**
 - 5.3 Regelung mit einem Zustandsregler**
- 6. Störbeobachter nach Johnson**

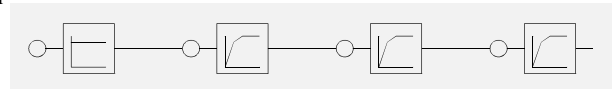
0. Vorbemerkungen

Die in den folgenden Versuchen mit **dSys** erstellten Graphiken dienen zur Ergänzung Ihrer Vorlesungsunterlagen. Sie sollten deshalb insbesondere auf den Ausdrucken der in evtl. mehreren Parametervarianten durchgeführten Simulationsläufen handschriftlich die geänderten Parameter vermerken. Einen Ausdruck der gesamten Schaltungsdaten erhalten Sie im Menü "Datei", Untermenü "Ausdruck". Diesen Ausdruck sollten Sie einmal pro Regelkreisstruktur machen. Damit ersparen Sie sich das Notieren der unveränderten Parameter der Schaltung.

1. Ortskurve und Bodediagramm elementarer Schaltungen

1.1 Ortskurve und Bode-Diagramm von PT_m -Gliedern

Bauen Sie aus einem P-Glied (als Eingangsblock) und 3 PT_1 -Gliedern ein PT_3 -System auf mit proportionalem Übertragungsbeiwert $K = 1$ und den Zeitkonstanten $T = 1s$.

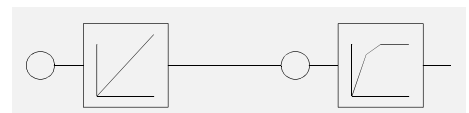


- 1.1.1 Zeichnen Sie die Ortskurven eines PT_1 - eines PT_2 - und eines PT_3 -Systems auf. Nehmen Sie dabei den Frequenzbereich von 0.01 bis $100 \cdot \text{Grenzfrequenz}$ ($= 1/T$) eines PT_1 -Gliedes. Handelt es sich bei $1/T$ um eine Frequenz oder eine Kreisfrequenz?
- 1.1.2 Zeichnen Sie die Bodediagramme von PT_1 - PT_2 - und PT_3 -System auf. Tragen Sie die Asymptoten in den Ausdruck ein!
- 1.1.3 Wählen Sie nun für die Zeitkonstanten der PT_1 -Glieder die Werte $T_1 = 0.1s$, $T_2 = 1s$ und $T_3 = 10s$. Zeichnen Sie die Ortskurve und das Bodediagramm auf. Wählen Sie als untere Frequenzgrenze wieder $0.01 \cdot \text{untere Grenzfrequenz}$ und als obere $100 \cdot \text{obere Grenzfrequenz}$. Tragen Sie die Asymptoten in den Ausdruck ein!

Tragen Sie mit Hilfe des Bodediagramms an der Ortskurve eine Frequenzskala an.

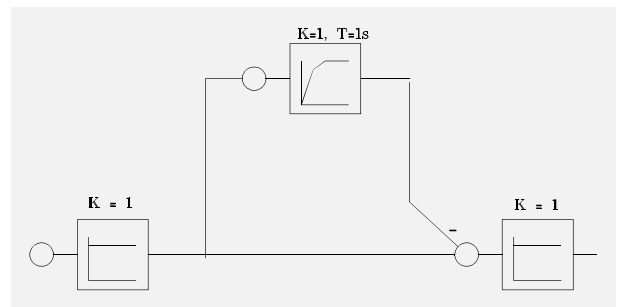
1.2 IT_1 -Glied

Bauen Sie ein IT_1 -Glied aus einem I- und einem PT_1 -Glied auf. Wählen Sie für die Zeitkonstanten je $1s$. Nehmen Sie die Ortskurve und das Bodediagramm auf.

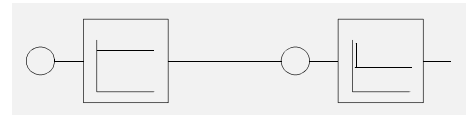


Saklieren Sie ebenfalls wieder mit Hilfe des Bodediagramms die Ortskurve.

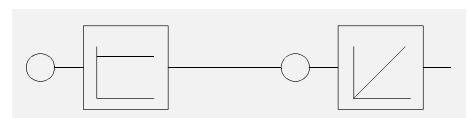
1.3 DT_1 -Glieder analog 1.2



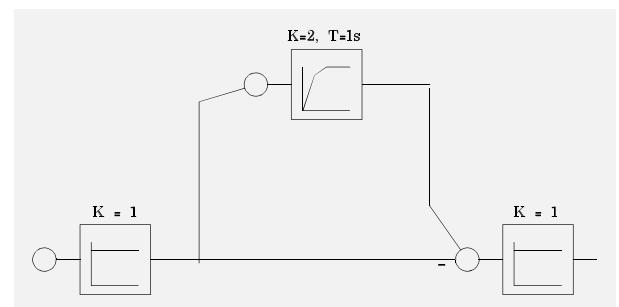
1.4 PD-Glieder analog 1.2



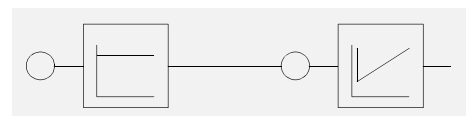
1.5 PI-Glieder analog 1.2



1.6 Allpaß (z.B. Pelton-Turbine) Analog 1.2

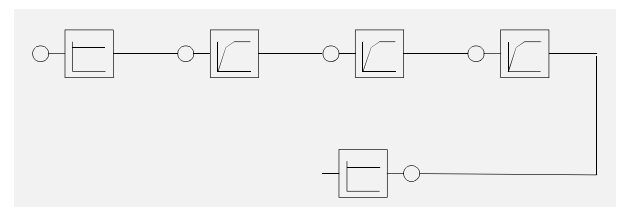


1.7 PID-Glieder analog 1.2



2. Dimensionierung eines Reglers mit Hilfe des Bode-Diagramms

Gegeben sei ein offener Regelkreis mit einem P-Regler ($K_R = 1$ zunächst) und PT_3 -Strecke mit $T = 1s$ und $K_S = 1$.



2.1 Kreisverstärkung und Stabilität

- 2.1.1 Zeichnen Sie Ortskurve und Bodediagramm auf. Wie groß ist der Amplitudenabfall in dB, wenn die Phase -180° erreicht hat?

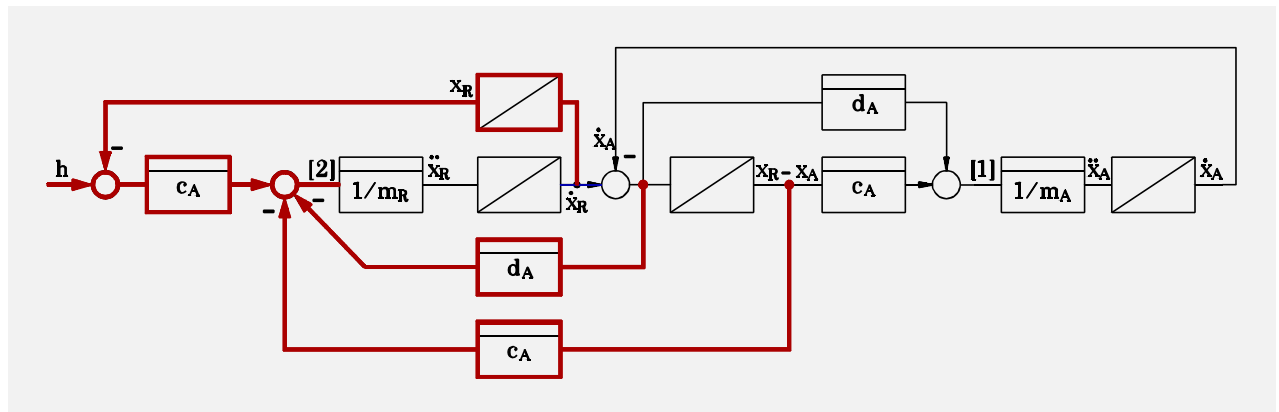
- 2.1.2 Wie groß wäre K_{Rkrit} in dB zu machen, damit der Regelkreis gerade ungedämpfte Schwingungen ausführt?
- 2.1.3 Zeichnen Sie für diesen Fall Ortskurve und Bodediagramm auf.
- 2.1.3 Nach Ziegler und Nichols werde der Regler auf $K_R = K_{Rkrit}/2$ eingestellt. Wie groß ist diese Verstärkung in db?
- 2.1.4 Wie groß ist die Phasenreserve bei dieser Einstellung?

2.2 Verhalten des geschlossenen Regelkreises

- 2.2.1 Nehmen sie nun die **Sprungantwort** des **geschlossenen** Regelkreises auf für $K_R = K_{Rkrit}$ und $K_R = K_{Rkrit}/2$.
- 2.2.2 Nehmen Sie nun auch die Ortskurve und das Bodediagramm des **geschlossenen** Regelkreises für die beiden Reglereinstellungen auf.

3. Modellierung einer Radaufhängung

3.1 Aufbau des Modells im Frequenzbereich



Bauen sie das Modell der Autofederung mit **dSys** auf.

Verwenden sie dabei folgende Zahlenwerte:

Automasse/4:	m_A	=	365 kg
Federbein:	c_A	=	$1.5 \cdot 10^4$ N/m
Stoßdämpfer:	d_A	=	$2.5 \cdot 10^3$ Ns/m
Radmasse:	m_R	=	40 kg
Bereifung:	c_R	=	$1.6 \cdot 10^5$ N/m

3.2 Untersuchung im Frequenzbereich

- 3.2.1 Zeichnen Sie Ortskurve und Bodediagramm im interessierenden Frequenzbereich auf. Wählen sie als Eingang die Anregung h des Reifens durch die Straße und als Ausgang die Lage x_A des Autos
Bei welcher Frequenz ist die Phasenverschiebung gerade $\pi/4$?
- 3.2.2 **Erniedrigen** Sie die Dämpfungskonstante d und zeichnen Sie Ortskurve und Bode-Diagramm erneut auf. Wählen Sie ein d so, daß sich eine deutliche Resonanzüberhöhung im Bodediagramm zeigt
- 3.2.3 **Erhöhen** Sie nun die Dämpfungskonstante d und zeichnen Sie Ortskurve und Bode-Diagramm erneut auf. Wählen Sie ein d so, daß bei der Frequenz, an der vorher eine deutliche Resonanzüberhöhung auftrat, bereits ein deutlicher Abfall der Amplitude vorliegt.

3.3 Untersuchung im Zeitbereich

3.3.1 Reaktion des Autos bei Überfahren einer Bordsteinkante.

Regen Sie das System für die drei obigen Dämpfungskonstanten durch einen Sprung an. Welche Dämpfungskonstante würden sie für Ihr Auto bevorzugen und warum?

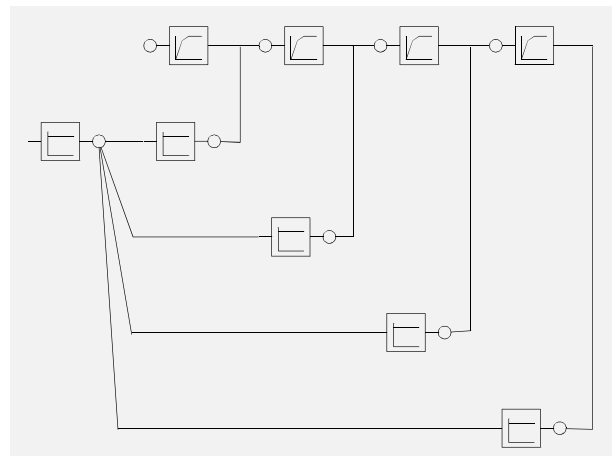
3.3.2 Reaktion des Autos auf periodische Fahrbahnunebenheiten

Regen Sie das System nun durch einen Sinus mit der Frequenz der Resonanzüberhöhung an. Beachten Sie dabei, daß im Bodediagramm die Kreisfrequenz aufgetragen ist!
Wie groß ist im eingeschwungenen Zustand das Amplitudenverhältnis x_A/h in dB? Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem entsprechenden Punkt im Bodediagramm!

4. PT_4 -Strecke und Zustandsregler im Störverhalten

4.1 Aufbau der Strecke mit Zustandsregler

Bauen Sie einen Regelkreis mit Zustandsregler und PT_4 -Strecke mit **dSys** so auf, daß die Summe der 4 Stellgrößen und die Störung z auf den Streckeneingang wirken. Wählen Sie für alle Zeitkonstanten den Wert $T = 1\text{ s}$ und für den Streckenübertragungsbeiwert $K_S = 1$. Der Zustandsregler soll zunächst so eingestellt werden, daß er als P-regler im einschleifigen Regelkreis wirkt, also $k_1 = k_2 = k_3 = 0$, $k_4 > 0$.



4.2 Experimente mit der Reglereinstellung

- 4.2.1 Stellen Sie k_4 so ein, daß die Wirkung der Störung z auf $0.1z$ reduziert wird. Zeichnen Sie die Ortskurve des **offenen** Regelkreises auf mit z als Eingang und der Summe u_R der Zustandsreglerstellgrößen als Ausgang. Ist das System stabil?
- 4.2.2 Nehmen Sie nun auch $k_3 > 0$. Wählen sie k_3 und k_4 so, daß die Summe aus beiden gleich dem Wert von k_4 aus 4.2.1 ist. Läßt sich das System stabilisieren?
- 4.2.3 Wählen Sie nun auch k_1 und $k_2 > 0$. Die Summe der 4 Verstärkungen soll gleich dem in 4.2.1 ermitteltem Wert sein. Zeichnen Sie Ortskurve und Bodediagramm und spielen Sie mit den Verstärkungen, bis sie glauben, ein günstiges dynamisches Verhalten gefunden zu haben. Notieren Sie diese Reglereinstellungen!

4.3 Untersuchung im Zeitbereich.

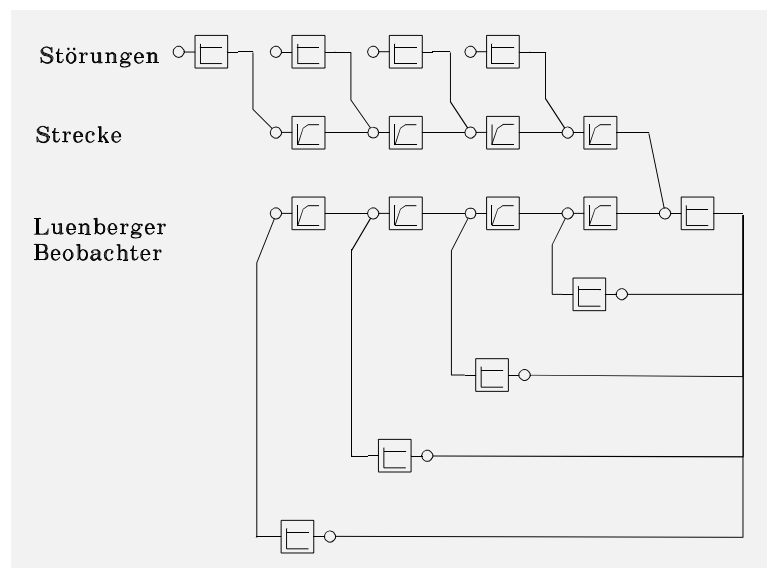
Zeichnen Sie die Sprungantworten für einige der obigen Einstellungen auf und betrachten Sie dazu die zugehörigen Ortskurven und Bodediagramme des offenen Regelkreises.

5 PT_4 - Strecke und Luenberger Beobachter

5.1 Aufbau der Struktur

Bauen Sie eine PT_4 -Strecke (Daten wie oben) mit Luenberger Beobachter auf. Wählen Sie die Beobachterverstärkungen zunächst einheitlich zu 1.

Sehen Sie die Möglichkeiten vor, auf die **Strecke** vor jedem PT_1 -Glied eine Störung z einspeisen zu können.



5.2 Auswirkung des Angriffspunktes einer Störung z auf den Beobachterfehler

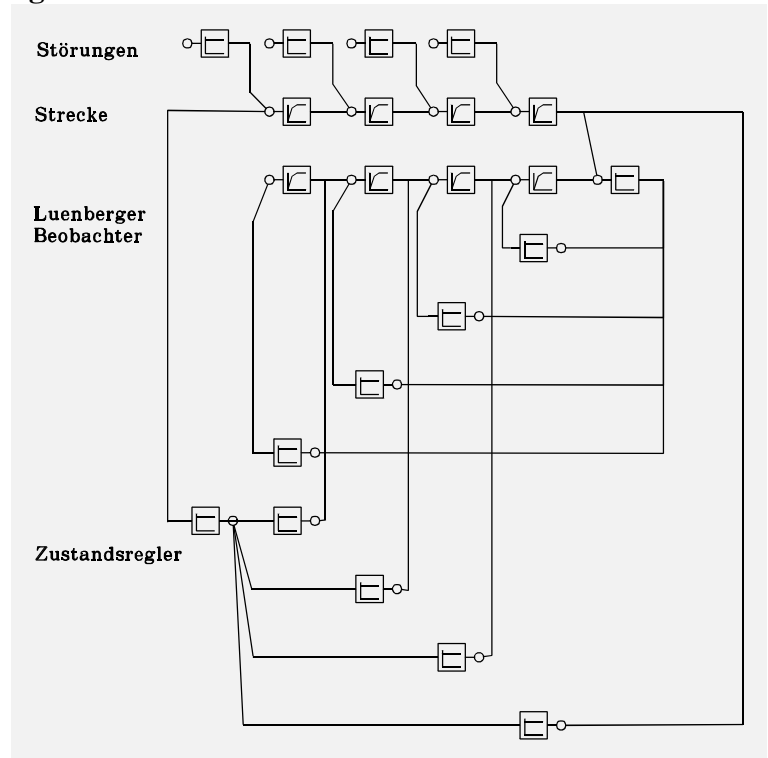
- 5.2.1 Zeichnen Sie die Sprungantworten des Beobachterfehlers für die 4 verschiedenen Angriffspunkte auf. Welcher Angriffspunkt erweist sich als der ungünstigste?
- 5.2.2 Vergrößern Sie die Beobachterverstärkungen auf 10 und führen sie den obigen Versuch erneut durch. Was beobachten Sie?

5.3 Regelung mit einem Zustandsregler

Ergänzen Sie die Struktur zum Regelkreis mit Zustandsregler. Dabei soll nur die letzte Zustandsgröße direkt von der Strecke, alle anderen aber vom Beobachter genommen werden.

Wählen Sie als Reglerparameter den von Ihnen für optimal erachteten Satz aus 4.2.3.

Ermitteln sie die Antwort auf eine Sprung der Störgröße auf das erste Verzögerungsglied. Vergleichen Sie mit dem Ergebnis unter 4.3



7. Störbeobachter nach Johnson

siehe Vorlesungsmanuskript