

Schneller Regler-Prototypen Entwurf

Beuth Hochschule - Sommersemester 2019

Protokoll Motor-Generatorkopplung

Gruppe B:

Peter Kloke Mat.Nr.: 882685

Omid Rahimian Mashhadi Mat.Nr.: 872958

Torsten Michael Schenk Mat.Nr.: 838995

Abgabedatum: 21.07.2019

Seitenanzahl: 16

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	3
0.1	Vorwort	3
0.2	Projektbeschreibung	3
1	Identifikation	4
2	Feststellung des Arbeitspunktes	5
3	Messtechnische Identifikation des Steuerverhaltens der Strecke	5
4	Messtechnische Identifikation des Störverhaltens der Strecke	7
5	Simulation des Steuer- und Störverhaltens der Strecke	7
6	Entwurf eines klassischen Standard-Reglers	12
6.1	Reglerstruktur	12
6.2	Entwurf des Reglers	12
6.3	Geregelte Strecke	13
7	Simulation des Regelkreises	13
8	Implementierung des Reglers in den realen Regelkreis	15
9	Kritische Reflexion	15

0 Einleitung

0.1 Vorwort

Dieses Labor beschäftigt sich mit der Erstellung eines Regler-Entwurfs einer Strecke. Dies soll nicht durch eine exakte Kenntnis des physikalischen Modells, sondern anhand eines aus Messdaten erstellten Modells der Strecke durchgeführt werden. Die Durchführung des Labors ist in neun Bereiche aufgeteilt (siehe Aufgabe_MotGen Seite 6). Dieser Teil des Protokolls beschäftigt sich mit dem initialen Kennenlernen des Objekts, der Feststellung des Arbeitspunkts und der messtechnischen Identifikation des Steuerverhaltens der Strecke.

0.2 Projektbeschreibung

Die Aufgabenbeschreibung und der Versuchsaufbau ist im Dokument Aufgabe_MotGen geschildert. In der Abbildung 1 ist links der Motor zum Antrieb der Achse, in der Mitte der Tachogenerator und rechts der Generator zu sehen. Der Generator wird im Versuch verwendet, um Last auf das System zu bringen. Die zu erstellende Regelung soll nun diese Veränderung der Drehzahl durch den Generator schnellst möglich ausregeln.

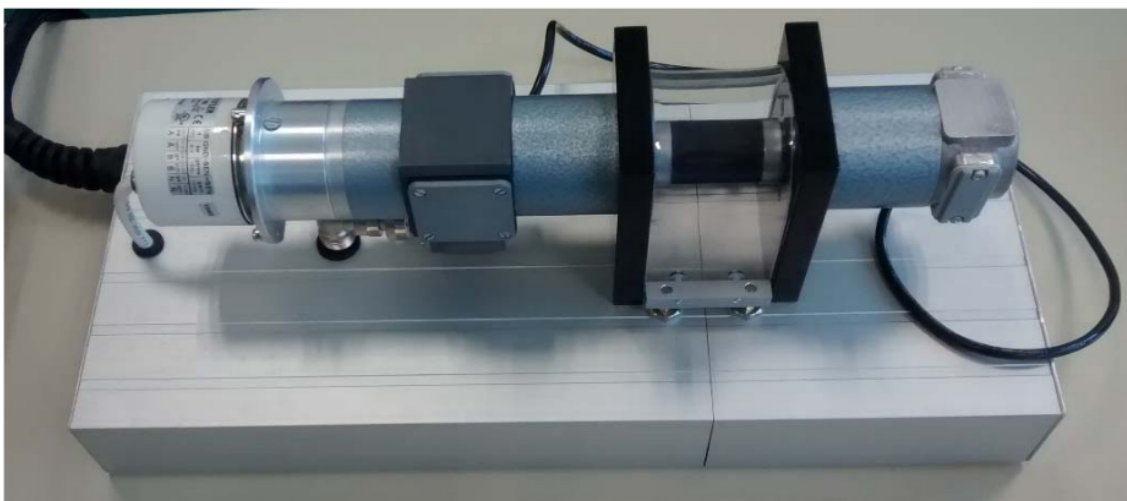


Abbildung 1: Motor (l), Tachogenerator (m), Generator (r)

Versuchsaufbau: Motor-Generatorkopp. mit Tachogenerator

Aufgabenbeschreibung in Stickpunkten zusammengefasst:

- Erstellung eines Regelkreises zu Haltung der Drehzahl im Arbeitspunkt von 2400 Umin^{-1}
- Regelvorgang soll übersteuerungsfrei innerhalb von $\pm 10 \text{ V}$ erfolgen
- Die Regelung soll weniger als 20% überschwingen.

1 Identifikation

Zu Beginn des Versuchs wurden die in Aufgabe_MotGen Seite 6 Punkt eins zu findenden Fragen gestellt.

a. was ist die Regelgröße?

Die Regelgröße ist in diesem Versuch die Drehzahl des Motors

b. was ist die Stellgröße?

Bei der Stellgröße handelt es sich um die Eingangsspannung am Motor.

c. was ist die Regelstrecke (was ist die Stelleinrichtung)?

Die Regelstrecke ist die Verbindung aus Motor und Generator. Die Stelleinrichtung ist der DA-Wandler, der von Simulink gesteuert wird.

d. was ist die Messeinrichtung?

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um einen AD-Wandler, der mit dem Computer und Simulink verbunden ist.

Zuerst stand die Ansteuerung der Motors via Matlab und entsprechende D/A-Wandler Karte. Es mussten zuerst Einstellungen in der Konfiguration von Matlab angepasst werden, die nach jedem Neustart der Software zurückgesetzt werden.

Die Minima und Maxima des Systems wurde empirisch bestimmt. Das Minimum bestimmt den Punkt, ab dem der Motor anläuft. Das Maxima bestimmt die Spannung, ab

dem der Motor die maximale Drehzahl erreicht.

$$\textit{Minimum} = 1.45V \quad (1)$$

$$\textit{Maximum} = 1.75V \quad (2)$$

Versuche mit stufenweise steigender Spannung wiesen auf ein System hin, das nur langsam eine konstante Drehzahl bei konstanter Eingangsspannung erreicht. Es wurden Zeitabschnitte von 1s, 2s, 5, 10s, 15s und 20s getestet. Erst bei 20s konnte eine konstante Drehzahl erreicht werden.

2 Feststellung des Arbeitspunktes

Zur Bestimmung des Arbeitspunktes wurde der Laborassistent befragt. Dieser gab an, dass der Arbeitspunkt bei 6V liegt.

3 Messtechnische Identifikation des Steuerverhaltens der Strecke

Zur Bestimmung der statischen Kennlinie (Abbildung 2) des Systems wird das System bei 8 Eingangsgrößen gemessen. Die Spannung wird im Intervall von [1.45V..1.75V] alle 20s um 0.03V erhöht (Abbildung 3).

Zur Identifikation des dynamischen Steuerverhaltens wird das bereitgestellte Matlab Skript sysid verwendet. Hier wurde das aufgenommene dynamische Verhalten (Abbildung 3) eingespeist. Für jeden Spannungssprung wird durch das Skript die Verstärkung V und die Zeitkonstante τ ermittelt, in dem die spezifische Kurve ausgeschnitten und Parameter so lange variiert werden, bis eine Kurve entstand, die dem aufgenommenen Verlauf entspricht.

Somit entsteht folgende Liste von Verstärkungen und Zeitkonstanten:

Da um den Arbeitspunkt (in Tabelle 1 bei 1,6V) die Verstärkung linear ist und das Steuerverhalten nur um den Arbeitspunkt relevant ist (Anfahren wird nicht betrachtet)

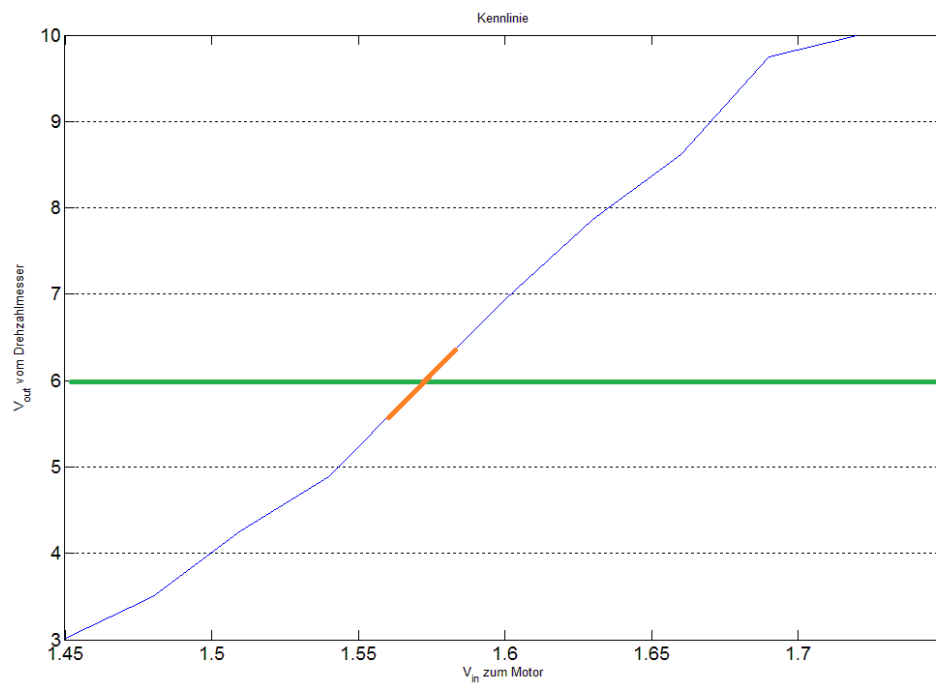


Abbildung 2: Kennlinie des Systems mit Arbeitspunkt (grüne Linie)

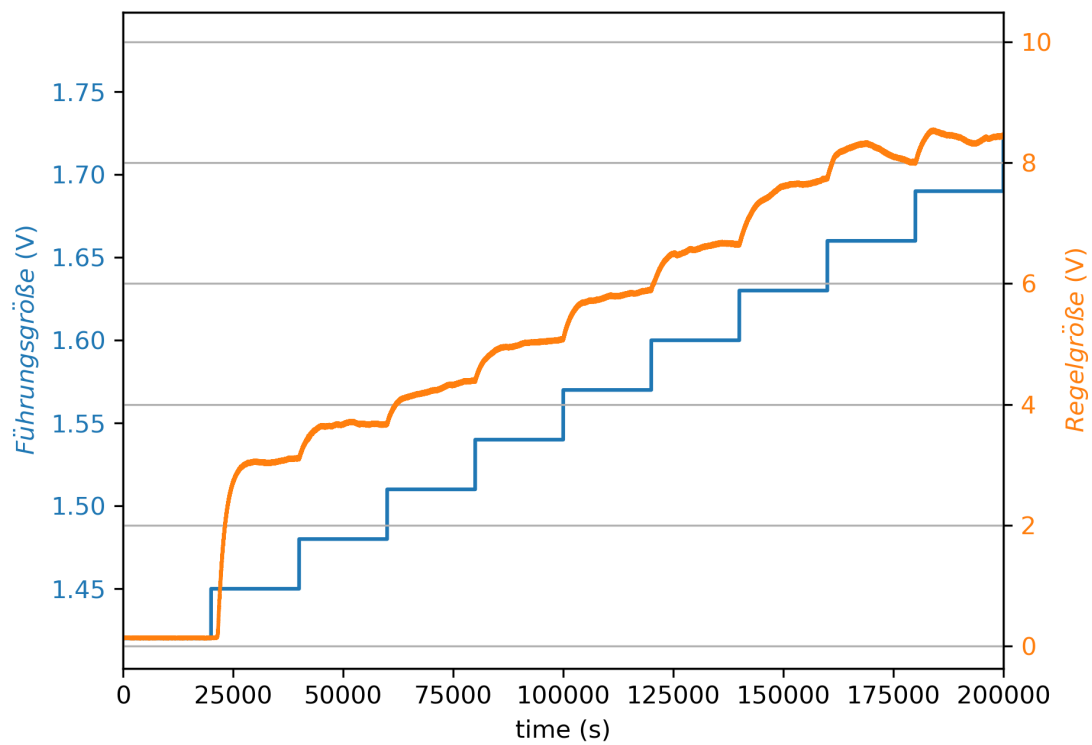


Abbildung 3: Verhalten der Strecke

Eingangsspannung in V	V	τ
1,51	4,3228	2,2321
1,54	5,0383	5,3264
1,57	5,8324	3,2047
1,6	6,6370	2,5246
1,63	7,6621	3,3001
1,66	8,1225	4,1552
1,69	8,3845	1,2786
1,72	9,477	1,0739
1,75	9,9951	7,6913

Tabelle 1: Ergebnisse von sysid

reicht hier die Werte direkt zu übernehmen.

4 Messtechnische Identifikation des Störverhaltens der Strecke

Zur Identifikation der Störung wird nach Anlaufen des Motors der Generator ein, und nach wieder Ausgeschaltet (siehe Abbildung 5). Hierbei wird das Dynamische Verhalten wie in Kapitel 3 analysiert. Die Analyse ergibt für das Störverhalten einen Verstärkungsfaktor V von -11,6809 und eine Zeitkonstante τ von 2,0067.

Die Abbildung 6 zeigt das Störverhalten.

5 Simulation des Steuer- und Störverhaltens der Strecke

Die in Kapitel 3 ermittelten V und tau Werte werden genutzt, um das System zu simulieren. Hierbei ist ein präzises Verhalten der simulierten Strecke nur um den Arbeitspunkt wichtig. Aus diesem Grund ist es ausreichend, die Zeitkonstante tau für die gesamte Strecke auf die gemessene Zeitkonstante des Gesamtsystems zu setzen.

In Simulink wird parallel zur originalen Strecke die simulierte eingerichtet. Hier für wird das Eingangssignal in einen Lookuptable eingespeist, die die aufgenommenen Eingangswerte mit dem entsprechenden im letzten Versuch ermittelten Faktor V versieht.

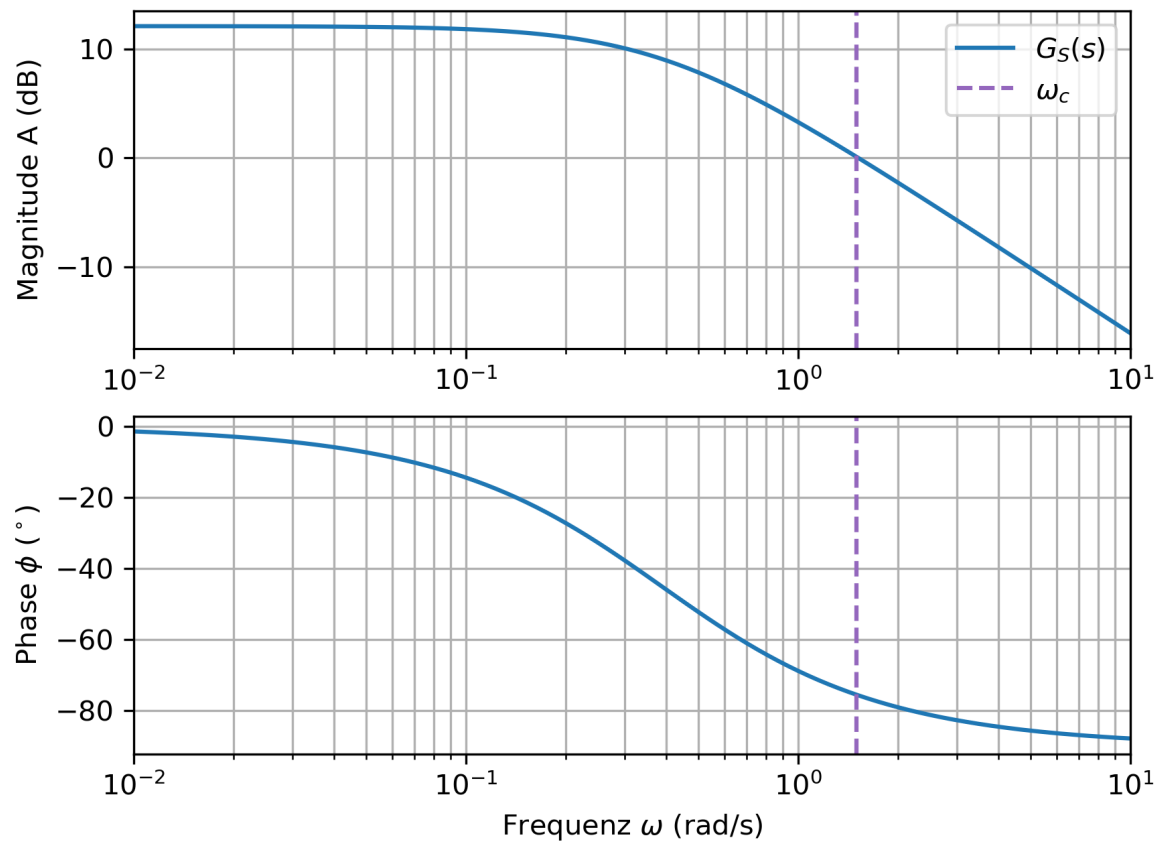


Abbildung 4: Bode Diagramm der Strecke

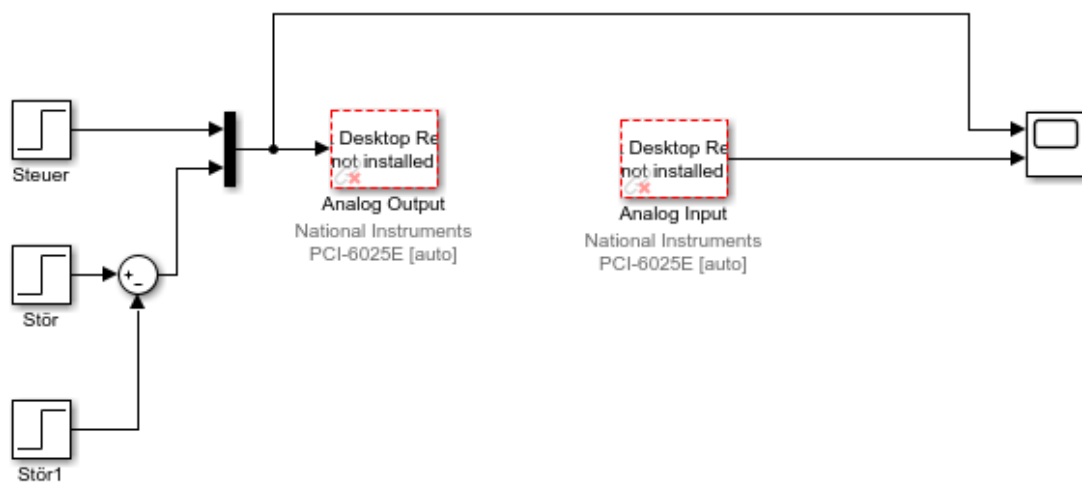


Abbildung 5: Aufbau zur Einspeisung einer Störgröße

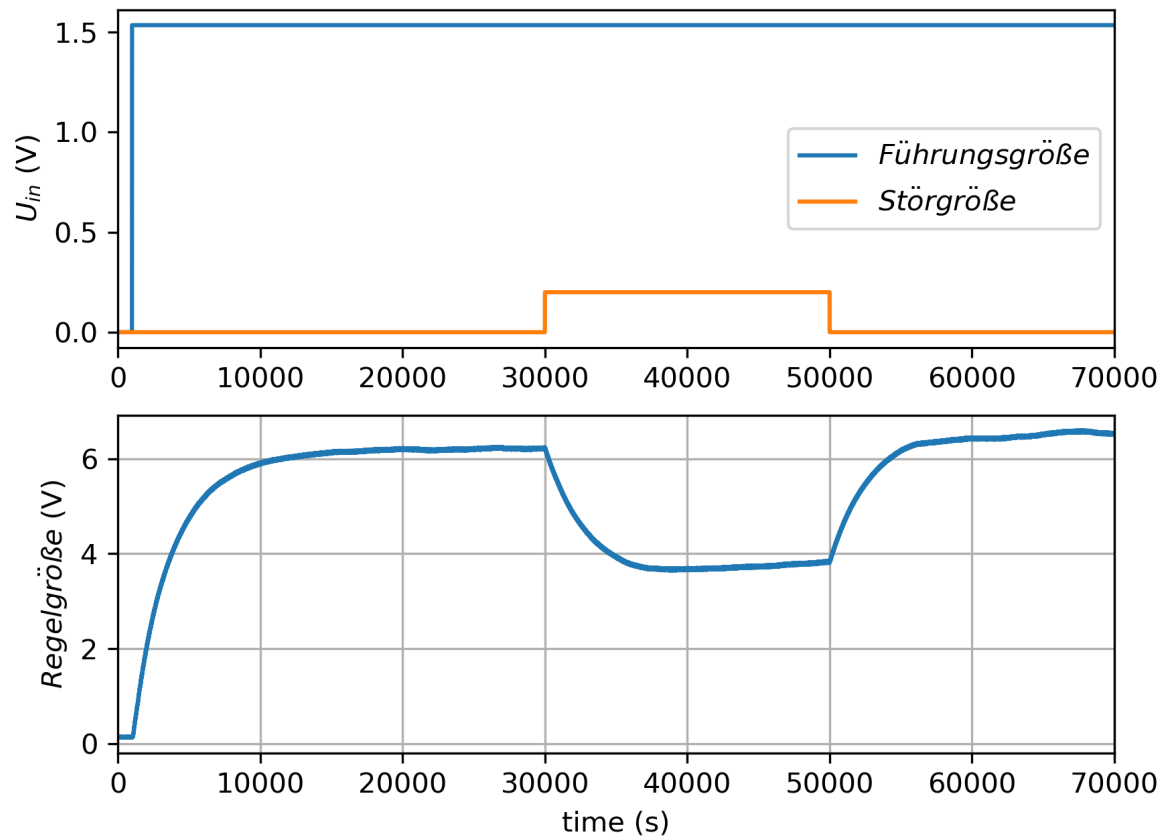


Abbildung 6: Verhalten der Strecke mit Störsignal

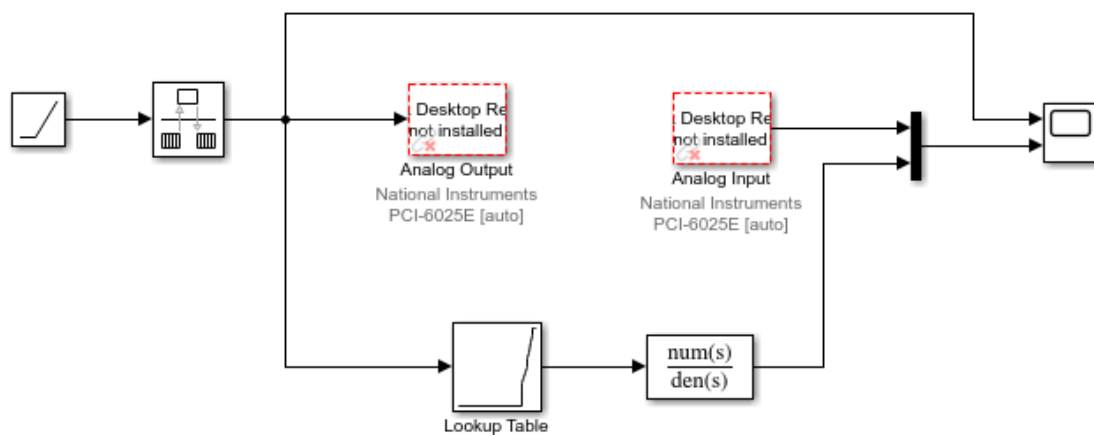


Abbildung 7: Simulation der Strecke (unterer Abschnitt)

Das entstehende Signal wird weiterhin durch die Übertragungsfunktion $\frac{1}{1+sT}$ geleitet (Abbildung 7), da die Strecke das Verhalten eines PT1-Gliedes aufweist..

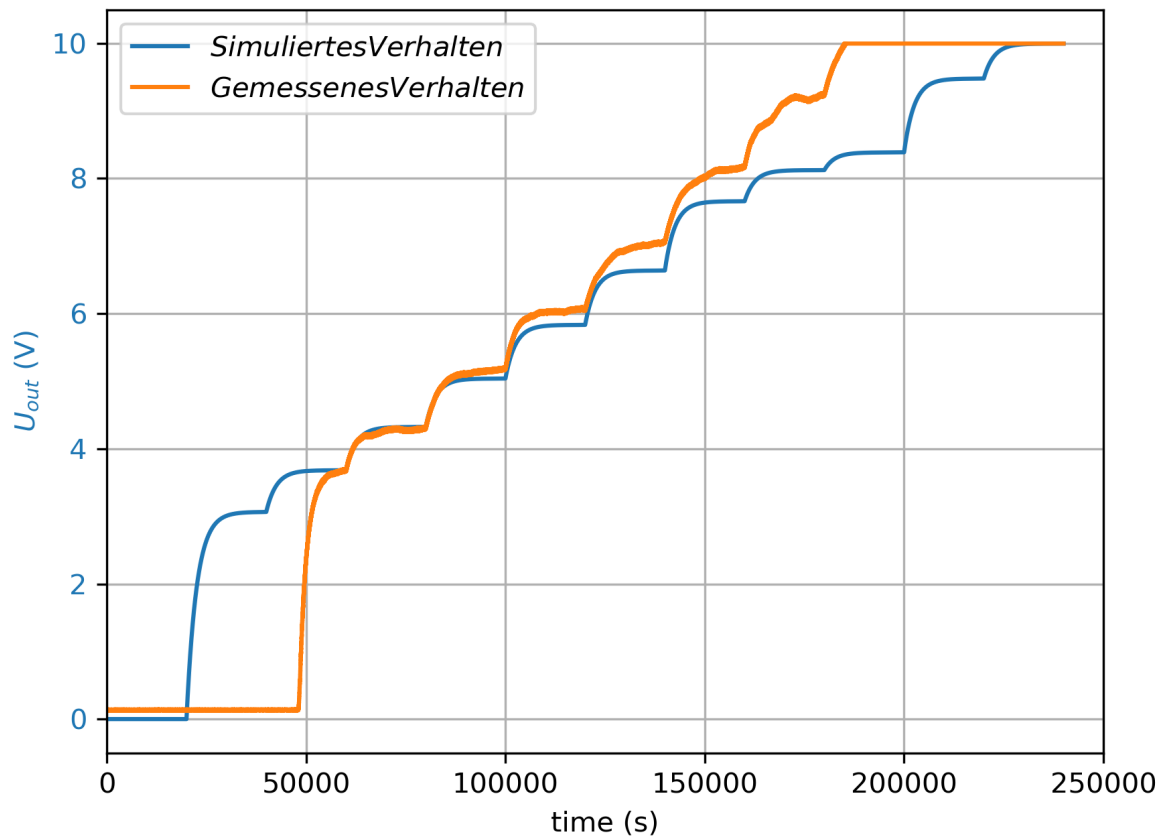


Abbildung 8: Verhalten der simulierten Strecke

Das simulierte Verhalten ist in Abbildung 8 zu sehen. Dieses entspricht bei höheren Werten zwar nicht mehr der ursprünglichen Kurve, dies ist jedoch akzeptabel, da nur Verhalten um den Arbeitspunkt relevant ist.

Zur Simulation des Störverhaltens wird der in Abbildung 7 gezeigte Aufbau um das Störverhalten erweitert (Abbildung 9).

Wie in Abbildung 8 zu sehen entspricht das simulierte Störverhalten dem gemessenen.

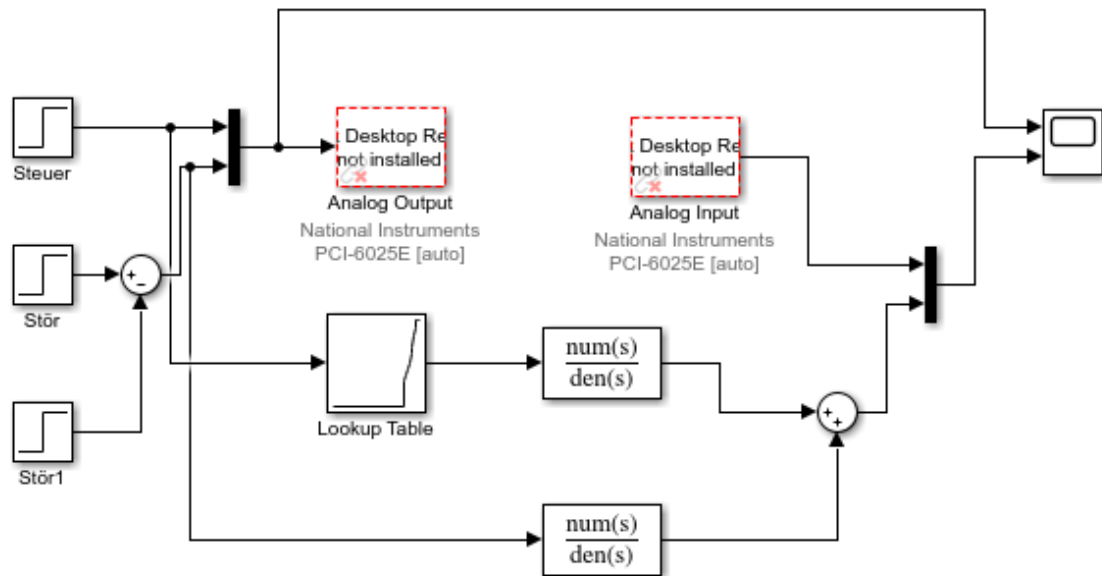


Abbildung 9: Simulation der Strecke mit Störverhalten

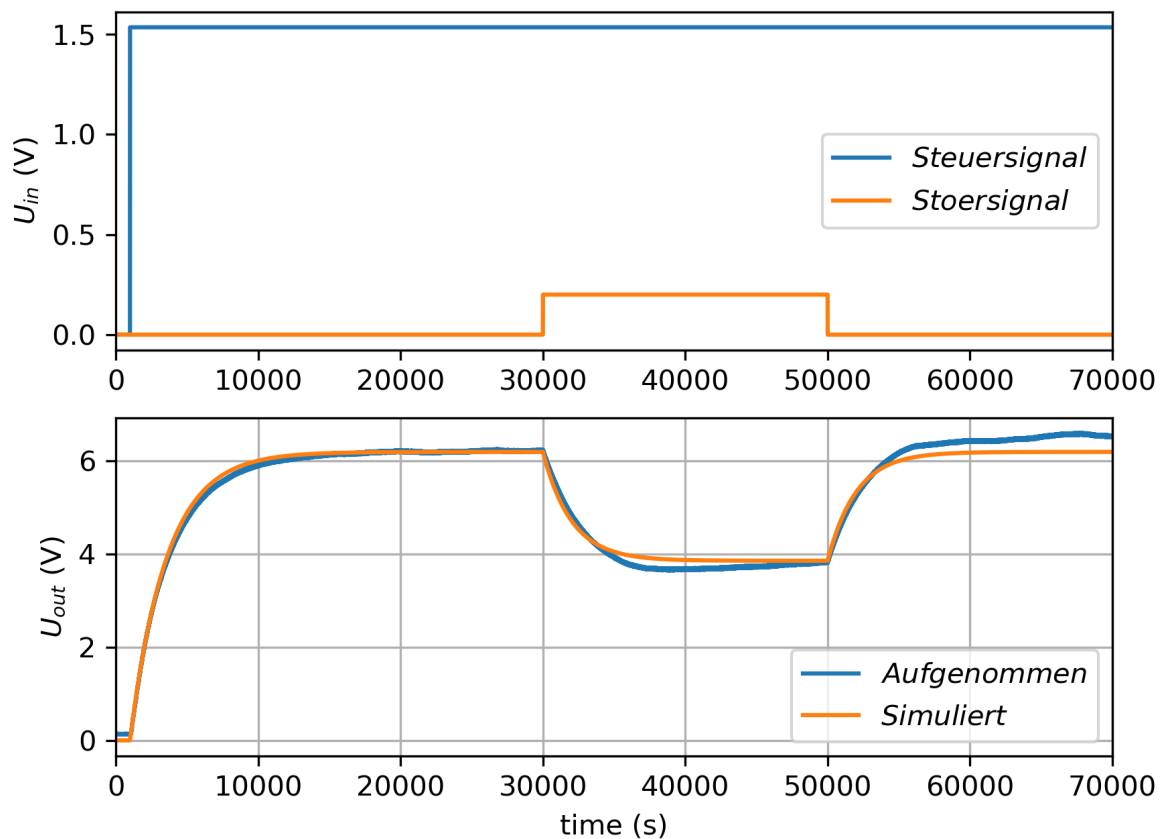


Abbildung 10: Simulation der Strecke mit Störverhalten

6 Entwurf eines klassischen Standard-Reglers

6.1 Reglerstruktur

Zur Bestimmung des Reglers muss betrachtet werden, ob ein I-, und ob ein D-Anteil vonnöten ist.

Da eine geringe Regelabweichung $e(\infty)$ gefordert ist, muss der Regler einen I-Anteil besitzen. Bei der Betrachtung des Bode-Plots 4 ist gut erkennbar, dass die Phase nie unter -90 Grad sinkt. Somit ist ein ausreichender Phasenrand gegeben und es besteht kein Bedarf für einen D-Anteil. Dies bedeutet, dass ein PI-Regler benötigt wird.

6.2 Entwurf des Reglers

Zum Entwurf des Reglers wurde das Verfahren der Polstellenkompensation gewählt. Dieses ist für die Aufgabenstellung ideal, da es im Verhältnis zu anderen Verfahren wie dem Frequenz-Kennlinien Verfahren einfach zu realisieren ist und durch das Kompensieren der Polstelle schnellstmöglich regelt.

Ein PI-Regler besitzt die Übertragungsfunktion

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = V \frac{1 + sT}{s}$$

Somit ergibt sich

$$\begin{aligned} L &= G_R(s) * G_S(s) * G_M(s) \\ &= V_R \frac{1 + sT_n}{s} * V_S \frac{1}{1 + s\tau} * 1 \end{aligned}$$

Zur Kompensation der Polstellen der Strecke durch die Nullstellen des Reglers muss $T_n = \tau$. Dies ist möglich, da der Phasenrand größer als 90 Grad ist. Somit entsteht ein rein integrierendes Verhalten:

$$L = V_R V_S \frac{1}{s}$$

Somit gilt:

$$\begin{aligned}\frac{u}{w} &= \frac{G_R}{1 + G_R G_S G_M} = V_R \frac{\frac{1+sT_n}{s}}{1 + V_R V_S \frac{1}{s}} \\ &= V_R \frac{1 + sT_n}{s + V_R V_S}\end{aligned}$$

Zur Bestimmung von V_R wird eine Grenzwertbetrachtung für s gegen unendlich durchgeführt.

$$\begin{aligned}u(0) &= \lim_{s \rightarrow \infty} s * u(s) \\ &= \lim_{s \rightarrow \infty} s V_R \frac{1 + sT_n}{s + V_R V_S} * \frac{1}{s} w_0 = \lim_{s \rightarrow \infty} w_0 V_R \frac{\frac{1}{s} + T_n}{1 + \frac{V_R V_S}{s}} \\ &= w_0 V_R T_n\end{aligned}$$

Da die Aufgabenstellung besagt, dass der Regelungsvorgang übersteuerungsfrei sein soll darf $u(0)$ nie über 10V geraten.

$$\begin{aligned}w_0 V_R T_n &\leq u_{max} \\ V_R &\leq \frac{U_{max}}{w_0 T_n} = \frac{10V}{6V * 2,5} = 0,667\end{aligned}$$

6.3 Geregelte Strecke

Wie in Abbildung 11 in grün zu erkennen ist sinkt die Phase nie unter -90 Grad. Somit ist das System stabil.

7 Simulation des Regelkreises

Zur Simulation des Regelkreises wird in den im Kapitel 5 erstellten Aufbau eingefügt (Abbildung 12).

Das simulierte Verhalten der Strecke ist in Abbildung 14 im unteren Bereich in blau zu sehen.

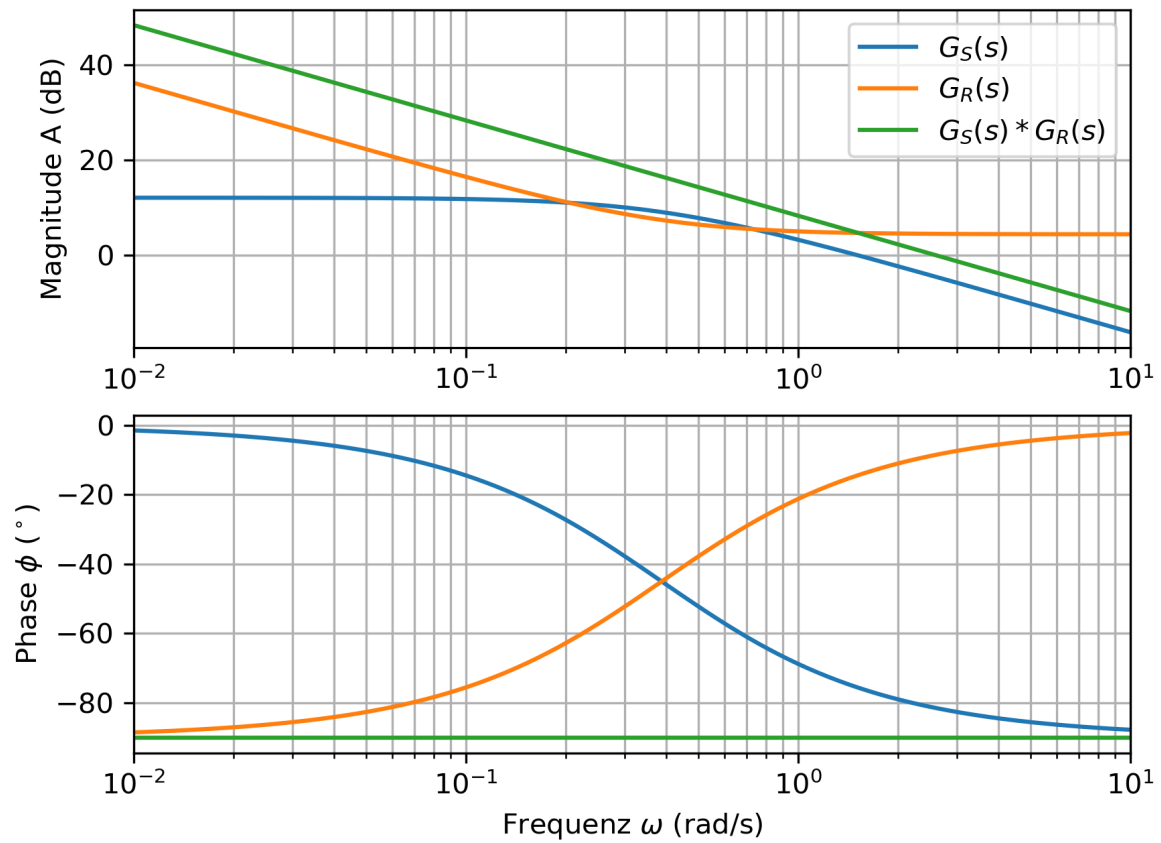


Abbildung 11: Bode Diagramm der Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises (grün)

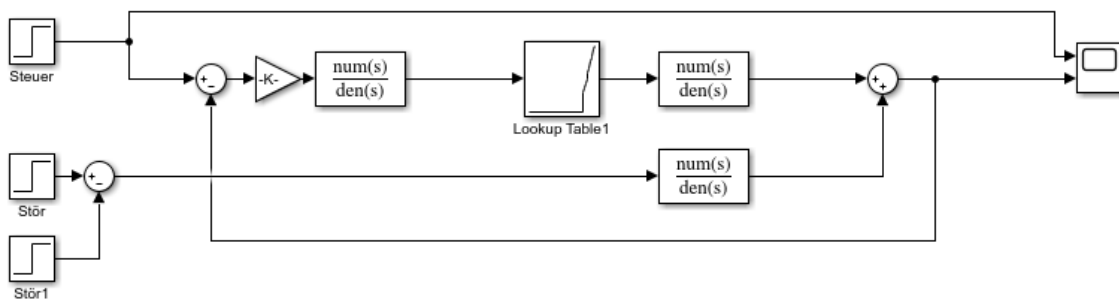


Abbildung 12: Simulierter Regelkreis

Es entspricht den Vorstellungen und lässt somit auf ein sicheres Implementieren des Reglers in die reale Schaltung schließen.

8 Implementierung des Reglers in den realen Regelkreis

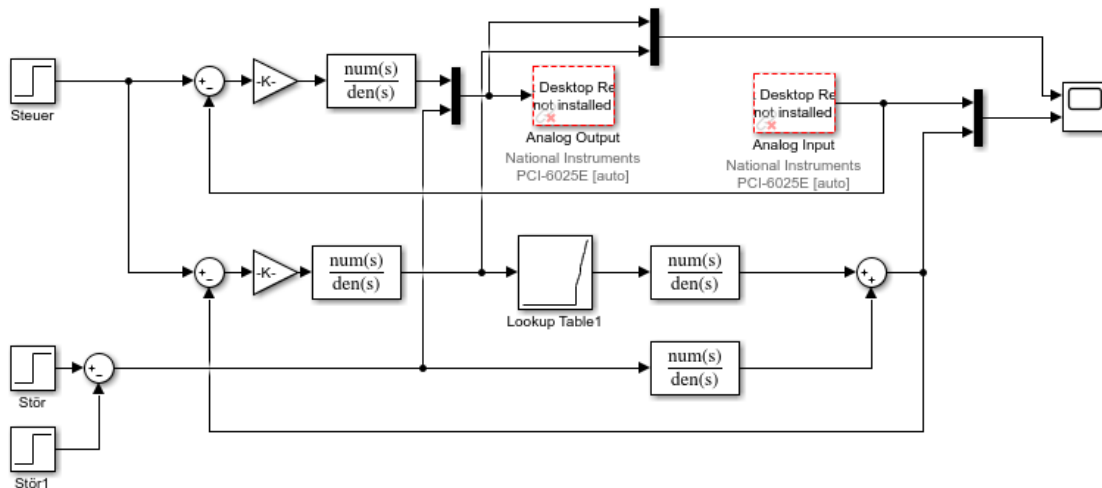


Abbildung 13: Vollständiger Regelkreis

Das Verhalten des vollständigen Regelkreises (Abbildung 13 zeigt den Aufbau) ist in der Abbildung 14 im unteren Bildbereich in orange zu sehen.

9 Kritische Reflexion

Der reale Regelkreis weist ein kleines Überschwingen auf. Es ist möglich, dieses durch leichtes Anpassen der Verstärkung und der Zeitkonstante zu minimieren. Jedoch ist das Anlaufen für unseren Versuch nicht in Betracht zu ziehen. Das Störverhalten des Regelkreises ist jedoch besser als das simulierte System und hält die in der Aufgabenstellung gestellten Anforderungen ein.

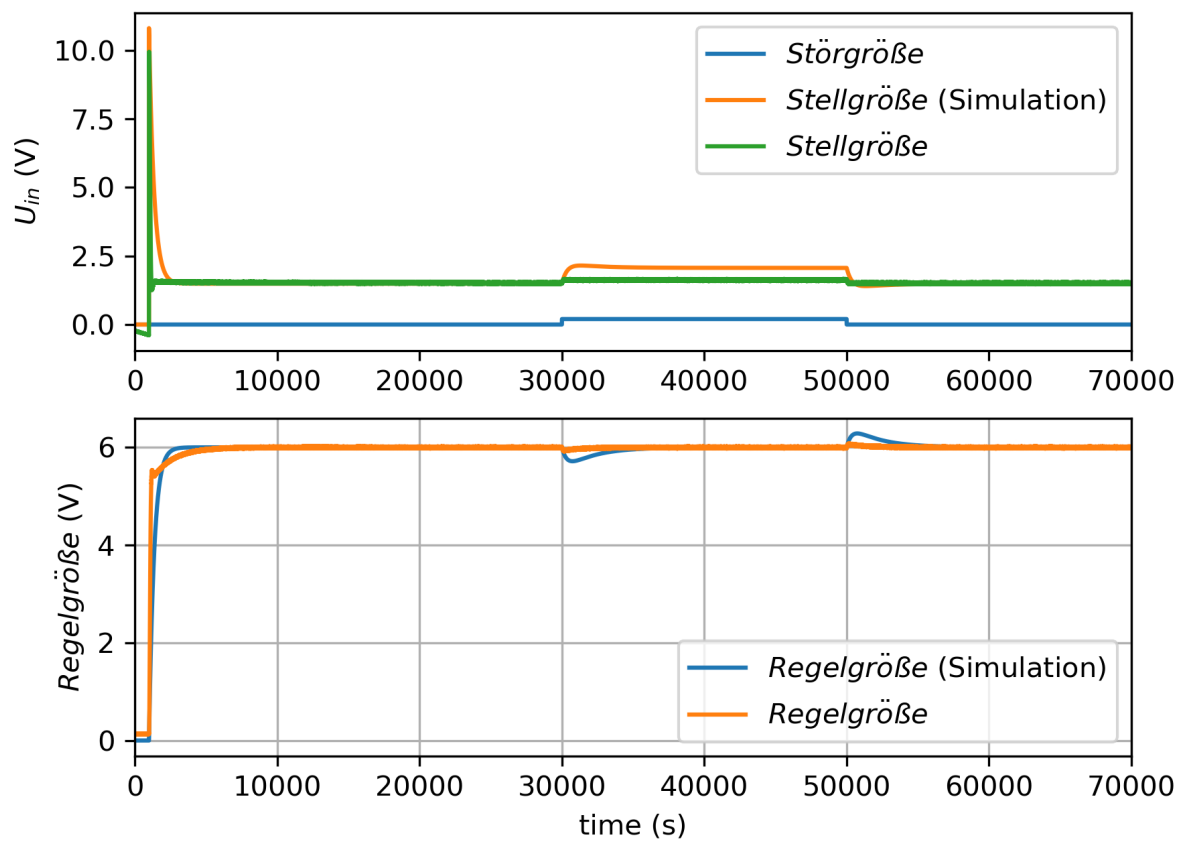


Abbildung 14: Verhalten des Regelkreises simuliert (unten, blau) und real (unten, orange)