

Regelungstechnik Laborbericht

David Weber and Marcel Renner

Regelung einer EGAS-Drosselklappe

1 Einführung

Ein E-Gas System ist ein System mit welchem die Drosselklappe nicht durch einen Seilzug vom Gaspedal aus bestätigt wird sondern wird von einem Elektromotor gesteuert. Das Verhältnis vom öffnen und schließen der Drosselklappe wird von einem auf dem Laborrechner befindenden Laberegler vorgegeben. Dem untergelagert befindet sich noch ein Stromregler. Der Laborrechner wird über einen Leistungsverstärker mit Strommessung an das Elektromechanische System der Drosselklappe gebunden. Über ein Potentiometer und mit hilfe des Leistungsverstärkers kann der Strom und die Spannung von unseren Reglern am Rechner eingelesen und entsprechend auf die Werte reagiert werden.

Ziel dieses Labors ist es das praktische durchlaufen eines typischen Entwurfsprozesses kennen zu lernen. Dabei soll vor allem das praktische Arbeiten mit den Reglern im Vordergrund stehen.

2 Aufnahme der elektrischen Parameter

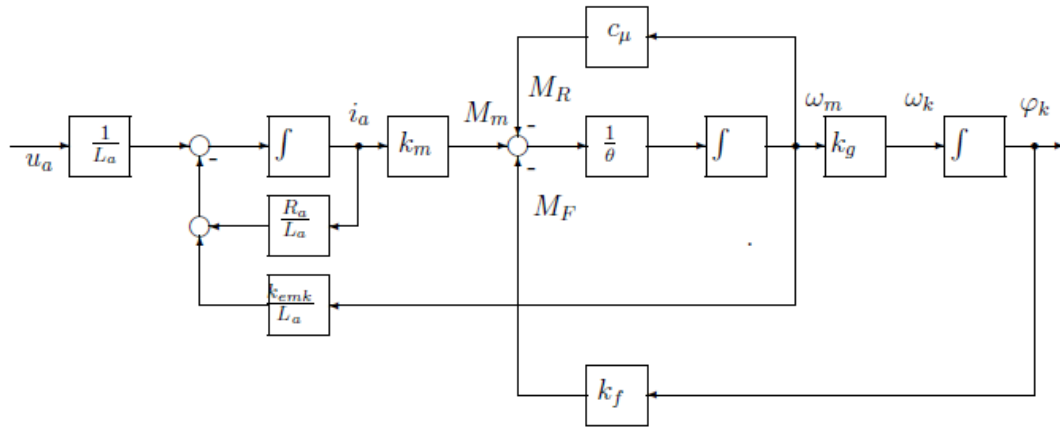


Abbildung 5: Wirkungsplan des elektrischen und mechanischen Teilsystems der Drosselklappe

Figure 1: Wirkungsplan des Systems

Gesucht ist die Übertragungsfunktion: $G_I(s) = \frac{I_a(s)}{U_a(s)}$

Durch die Vernachlässigung von EMK, d.h. für $w = 0$, kann das mechanische Teilsystem noch vernachlässigt werden. Wir betrachten lediglich das elektrische Teilsystem. Das elektrische Teilsystem sieht wie folgt aus:

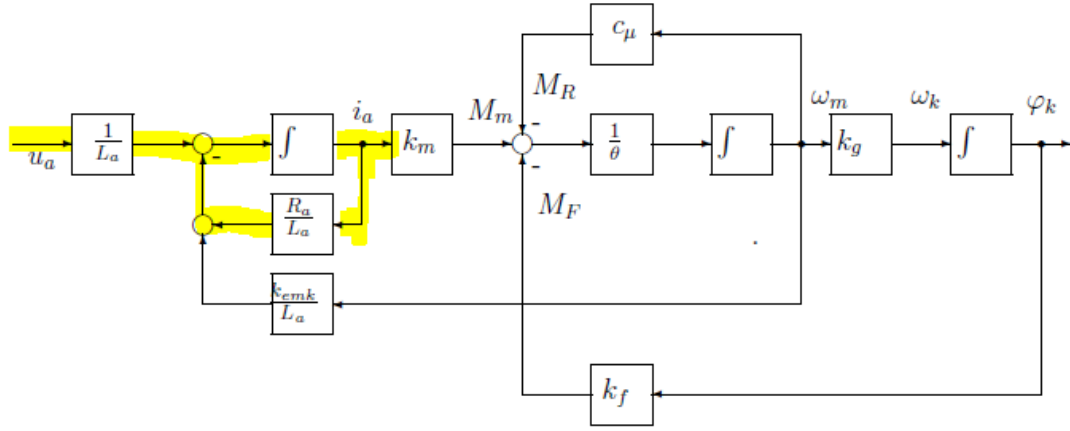


Figure 2: Wirkungsplan des Elektrischen Teilsystems

Aus diesem können wir die Übertragungsfunktion ablesen:

$$I_a(s) = \frac{1}{L_a \cdot s} \quad (1)$$

$$U_a(s) = 1 + \frac{R_a}{s \cdot L_a} \quad (2)$$

$$G_I(s) = \frac{1}{L_a} \cdot \frac{1}{s + \frac{R_a}{L_a}} \quad (3)$$

$$G_I(s) = \frac{1}{s \cdot L_a + R_a} \quad (4)$$

3 2.1 Durchführung

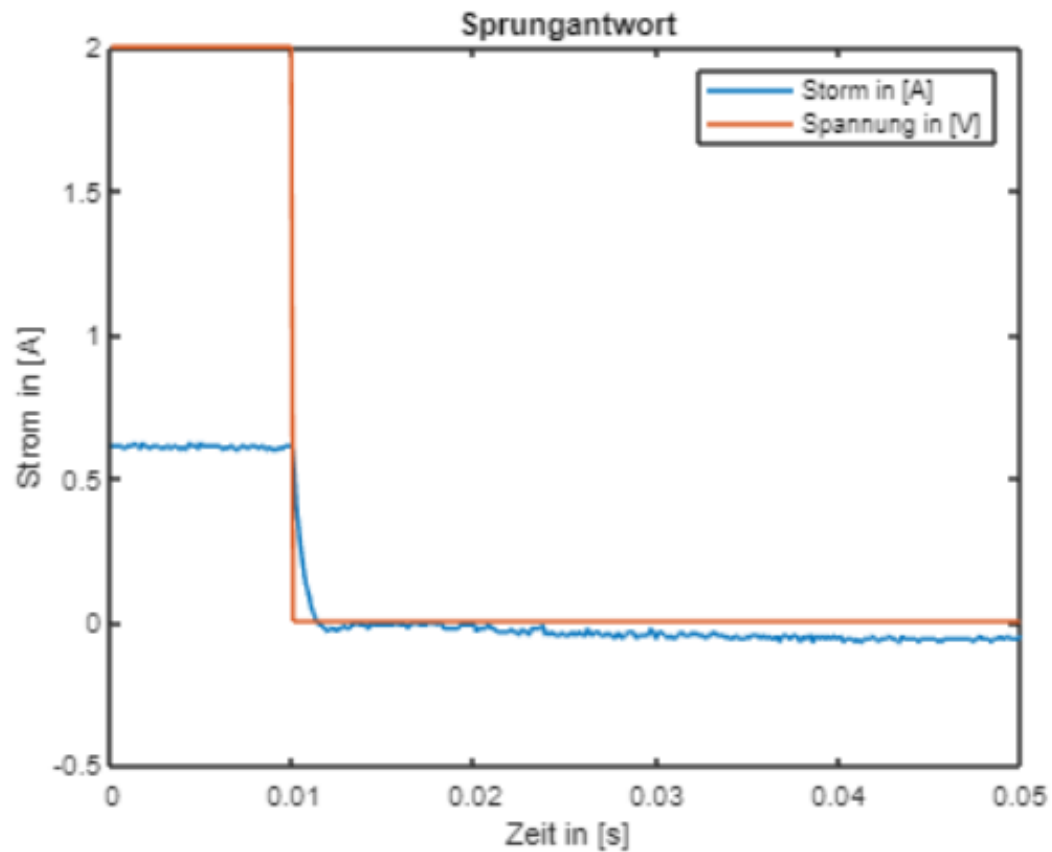


Figure 3: Sprungsantwort

Zu sehen ist die abfallende Flanke eines Rechtecksignals an welcher wir die Zeitkonstante τ bestimmen. Hierzu suchen wir den Wert welcher bei $0.33 \cdot I_{max}$ anliegt. Mit Matlab können die Werte aus unseren Datenarrays ausgelesen werden.

$$R_a = 3.2768$$

$$L_a = 0.002$$

$$\tau = 0,0005$$

Das vorgehen zu τ bestand dabei aus mehreren Schrittte. Um den Wert bei $0.33 \cdot I_{max}$ zu errechnen wird I_{max} mit hilfe der Datenarrays in Matlab auslesen.

$$I_{max} = 0,6104 \text{ A.}$$

Somit wird $0.33 \cdot I_{max}$ auf 0,20 ermittelt. Somit wird jetzt die Zeit für diesen Punkt gesucht.

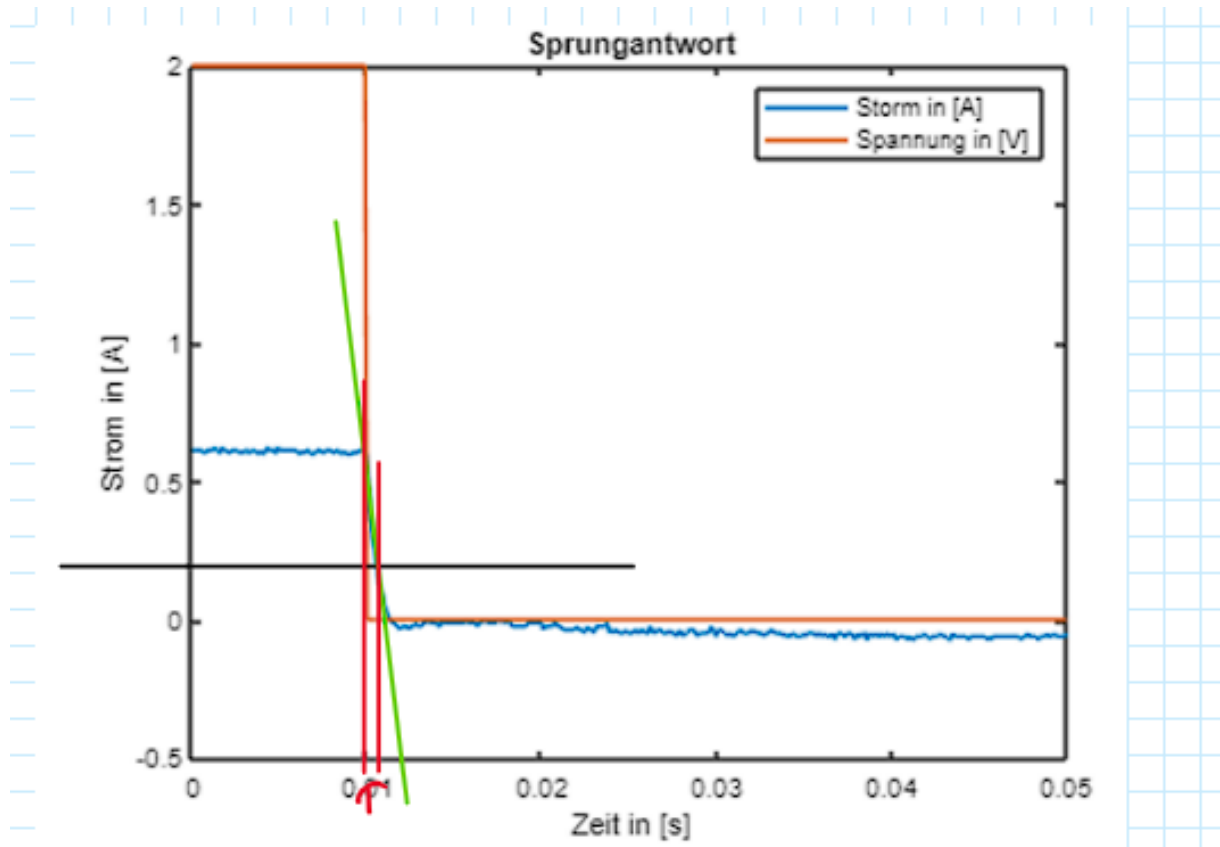


Figure 4: Bestimmung τ

$\tau = 0,01037s - 0,01s = 0,0005s$ Wird τ mit unseren Parametern R_a und L_a errechnet erwarten wir ein $\tau = 0,0004s$. Folglich sind wir mit der Performance des Reglers in der tolleranz und es mussten keine Anpassungen der Reglerparameter vorgenommen werden.

4 2.1 Nachbereitung

Sprungantwortfunktion:

$$i(t) = \frac{1}{R_a} \left(1 - e^{\left(\frac{R_a}{L_a} \right) \cdot t} \right) \cdot u_a \quad (5)$$

Einsetzen in die vereinfachte Strom-Übertragungsfunktion:

$$i(t) = 0.51 \text{ A} \cdot e^{\left(\frac{3.2768 \omega}{20 \text{ mH}} \right) \cdot (t - 0.01)} \quad (6)$$

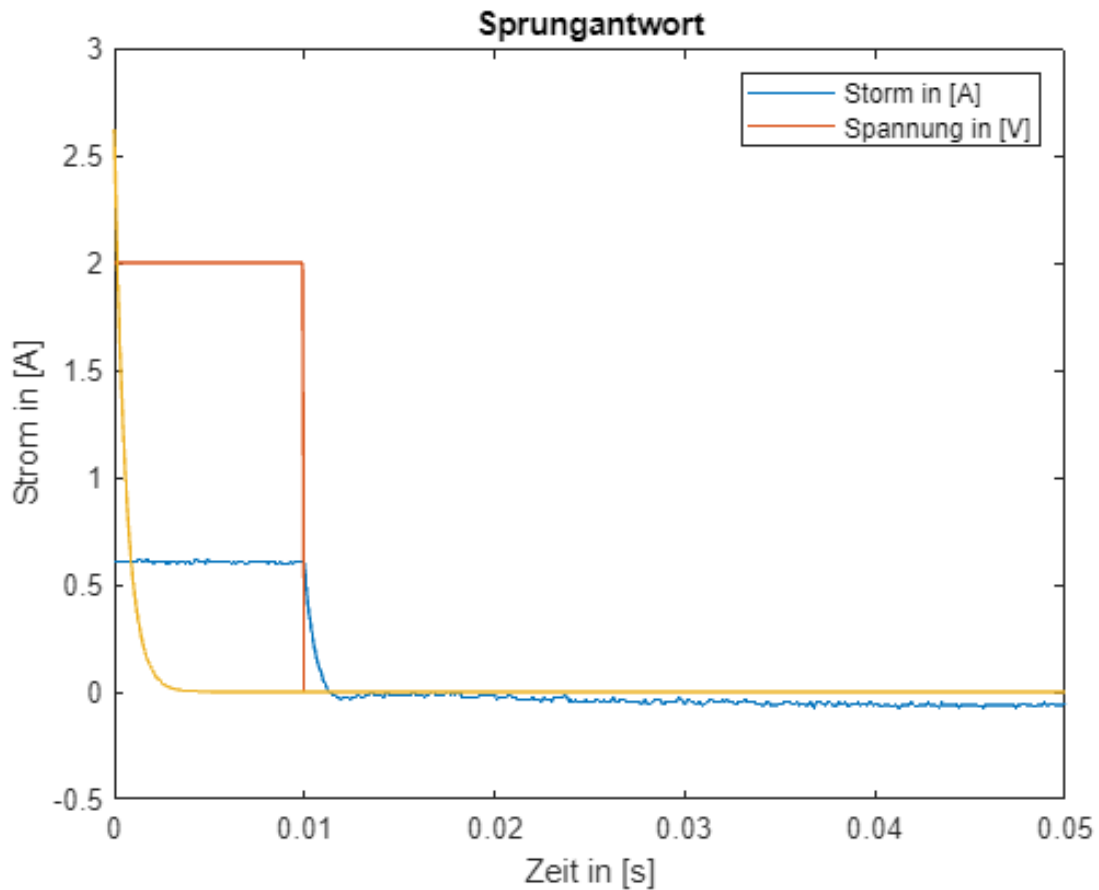


Figure 5: Vergleich der errechneten Parameter mit den gemessenen Parameter

In unserem Fall ist keine Korrektur von den Parametern notwendig da wir in dem Normbereich der Referenz liegen.

Es war zu erwarten dass die errechneten Werte und die ermittelten Werte abweichen aber sehr ähnlich sein müssen. Wie zu sehen ist wurde diese Erwartung erreicht. Natürliche Abweichungen entstehen durch Rundungen beim rechnen oder durch die Abtastrate beim Messen. Beides kombiniert, lässt unsere zwei Arten zur Bestimmung der Werte verschieden aussehen. Um das Ergebnis genauer zu machen müsste 'genauer' gemessen und 'genauer' gerechnet werden.

5 Test des Stromreglers und Parameteridentifikation

Als Vorbereitung auf den zweiten Laborversuch soll die Übertragungsfunktion des gesamten Systems der Drosselklappe ermittelt werden.

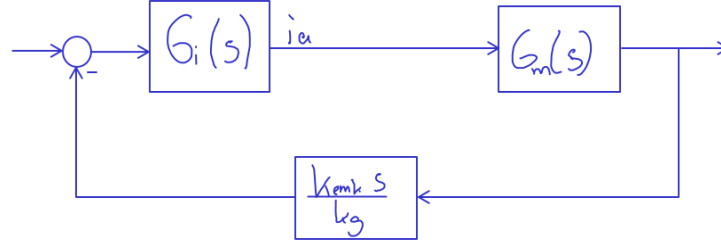


Figure 6: Vereinfachte Darstellung des Gesamtsystem

$$\begin{aligned}
 G(s) &= \frac{\frac{1}{L_a s + R_a}}{1 + \frac{1}{L_a s + R_a} \frac{k_m k_g}{\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f} \frac{k_{emk} s}{k_g}} \\
 &= \frac{1}{L_a s + R_a + \frac{k_m k_{emk} s}{\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f}} \\
 &= \frac{\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f}{(L_a s + R_a)(\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f) + k_m k_{emk} s} \\
 &= \frac{\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f}{L_a \theta s^3 + L_a c_\mu s^2 + L_a k_g k_f s + R_a \theta s^2 + R_a c_\mu s + R_a k_g k_f + k_m k_{emk} s} \\
 &= \frac{\theta s^2 + c_\mu s + k_g k_f}{L_a \theta s^3 + s^2(L_a c_\mu + R_a \theta) + s(L_a k_g k_f + R_a c_\mu + k_m k_{emk}) + R_a k_g k_f}
 \end{aligned}$$

Um den freien Parameter K_p zu ermitteln, wird seine Übertragungsfunktion aufgestellt und die Nullstellen so gewählt, dass sich diese gegen die Polstellen kürzen:

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{V_{kp}}{\frac{s(\theta \cdot s + 1)}{s + \beta} + V_{kp}} \quad (7)$$

$$s + \beta = s + \frac{1}{\tau} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{R_a}{L_a} \quad (9)$$

$$\frac{U_a(s)}{R_a(s)} = \frac{k_p \cdot \left(s \cdot \frac{R_a}{L_a}\right)}{s + \frac{k_p}{L_a}} \quad (10)$$

Für K_p wird der Anfangswertsatz angewendet:

$$u(0) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{K_p \cdot (L_a \cdot s + R_a)}{L_a \cdot s + R_a} \quad (11)$$

Da R_a und L_a sehr viel kleiner als unendlich sind, ist $K_p = 5 \, \Omega$. Mit bekanntem K_p ist die Stromunterdrückung mit

$$G_c(s) = \frac{5 \cdot (s + \beta)}{s} \quad (12)$$

$$G_I(s) = \frac{1}{L_a s + R_a} \quad (13)$$

$$Tz(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)} = \frac{V \cdot s}{\theta \cdot s^2 + 6s + 5\beta} \quad (14)$$

Das Bodediagramm sieht wie folgt aus:

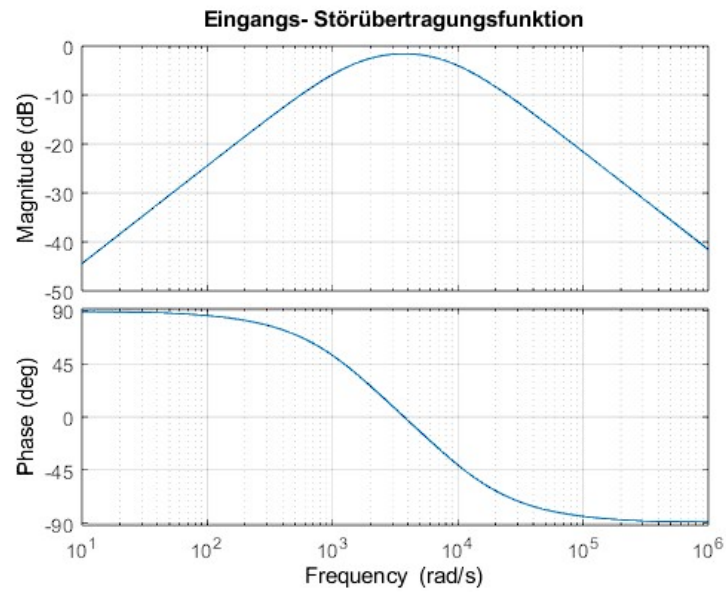


Figure 7: Bode Diagramm des PI-Reglers

EMK kann bei diesem Regler vernachlässigt werden da unser mechanisches Teilsystem zu träge ist um dem Regler folgen zu können.

Die Implementierung des PI-Reglers in Matlab:

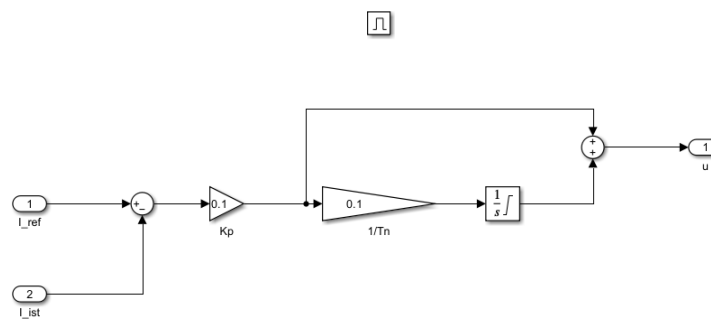


Figure 8: Implementierung des PI-Reglers in Simulink

6 2.2 Durchführung

Zur Durchführung wird der PI-Regler mit den davor ermittelten Werten implementiert.

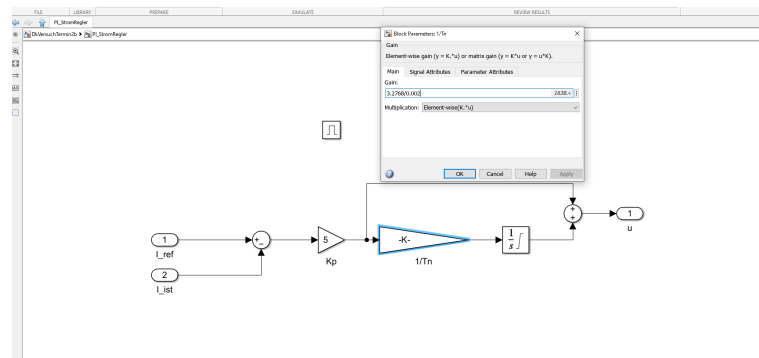


Figure 9: Implementierung des PI-Reglers mit Parametern

Das Gesamtsystem sah wie folgt aus:

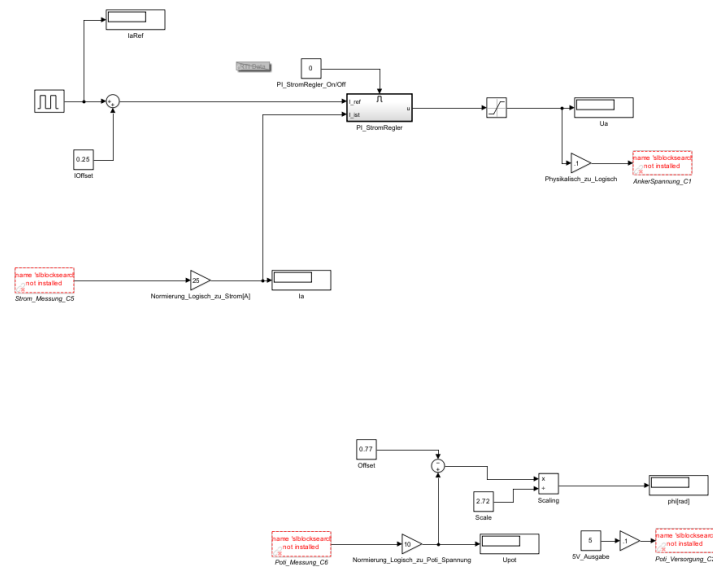


Figure 10: Gesamtsystem

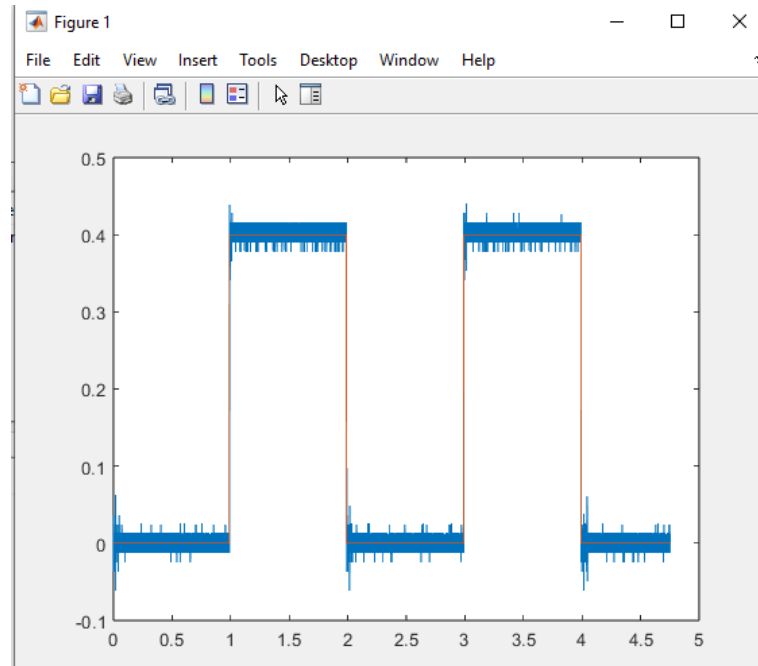


Figure 11: Verifikation des Stromreglers

7 2.3 Nacharbeitung

Um den Regler anhand seiner Performance bewerten zu können, werden das errechnete τ und das tatsächliche τ miteinander verglichen. Der Erwartete Wert ist dabei mit

$$\tau = \frac{L_a}{K_p} \quad (15)$$

auf 0,0004s berechnet. Aus unserem Graphen lesen wir ein Wert von 0,0005s ab. Wir sind also in dem Toleranzbereich. Mit Hilfe des bereitgestellten Matlab Skriptes ist die Übertragungsfunktion und die mechanischen Werte zu ermitteln. Es ergeben sich folgende Werte für die mechanischen Größen:

- $\zeta = 0,7455$
- $\omega_0 = 7,9703 \text{ [rad/s]}$
- $V = 0.95$

Die Erwartung an den PI-Regler ist die Ausreglung des stationären Lagefehlers um das stationäre Verhalten zu verbessern. Diese Erwartung wurde erreicht.

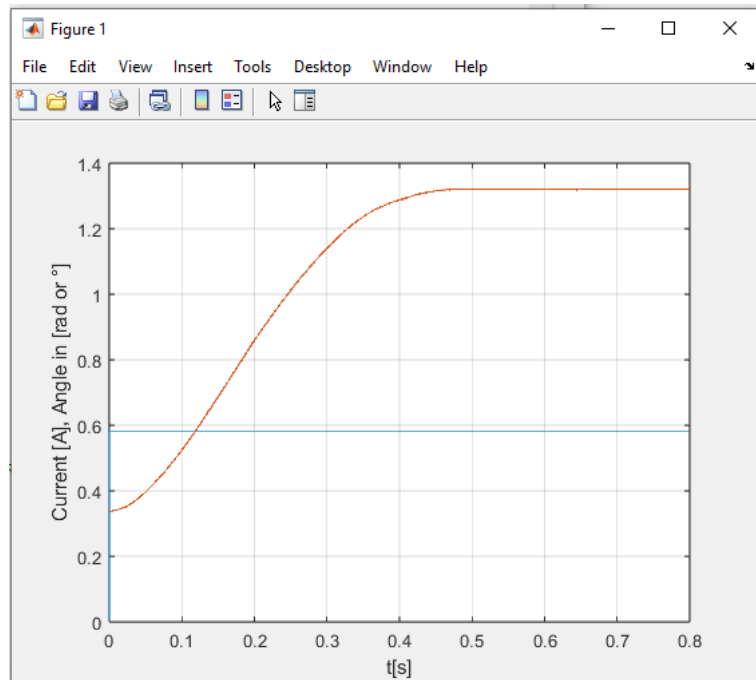


Figure 12: Messung von Phi

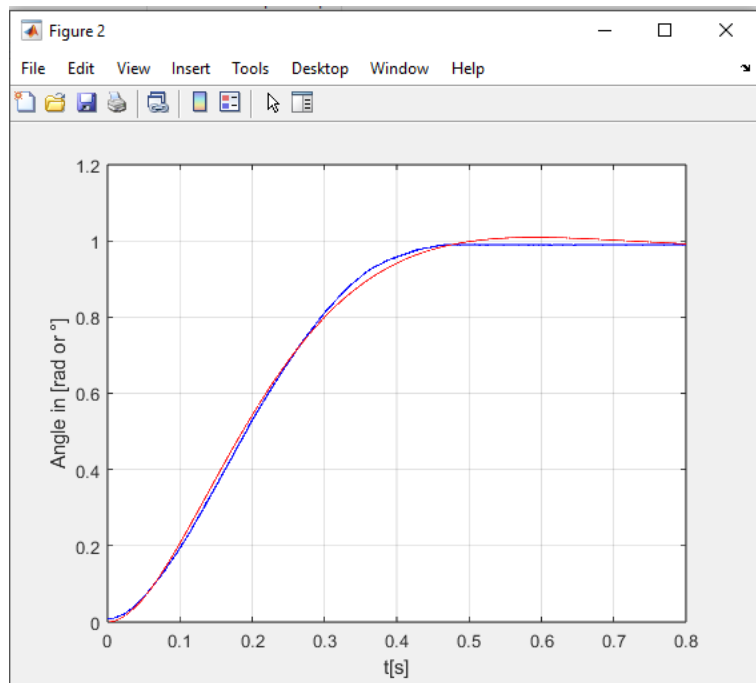


Figure 13: Werte des Mechanischen Systems