

Regelungstechnik Laborbericht Teil 2

David Weber and Marcel Renner

Regelung einer EGAS-Drosselklappe

1 Termin 3

1.1 Vorbereitung

1.1.1 Reglerentwurf

Um die Lage der Drosselklappe zu regeln wird ein $PID-T_1$ Regler verwendet. Mit der Übertragungsfunktion:

$$G_{PID-T_1}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_n s} + \frac{T_v s}{sT_1 + 1} \right)$$

Zur Parametrierung werden folgende Einstellregeln verwendet:

$$K_p = \frac{0,95}{V} \frac{T_g}{T_u}$$

$$T_n = T_g$$

$$T_v = 0,5T_u$$

$$T_1 = \frac{T_v}{20}$$

Mit diesen Einstellregeln ergeben sich folgende Werte:

$$K_p = 2.35$$

$$T_n = 0.296$$

$$T_v = 0.0225$$

$$T_1 = 0.00075$$

1.2 Versuchsdurchführung

Der $PID-T_1$ Regler wird nun in Simulink zusammen mit dem Stromregler als Kaskadenregelkreis implementiert.

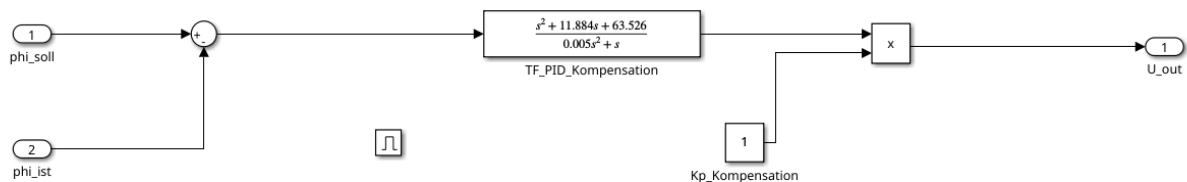


Figure 1: $PID-T_1$ Regler in Simulink

Mit einem DT1 Regler:

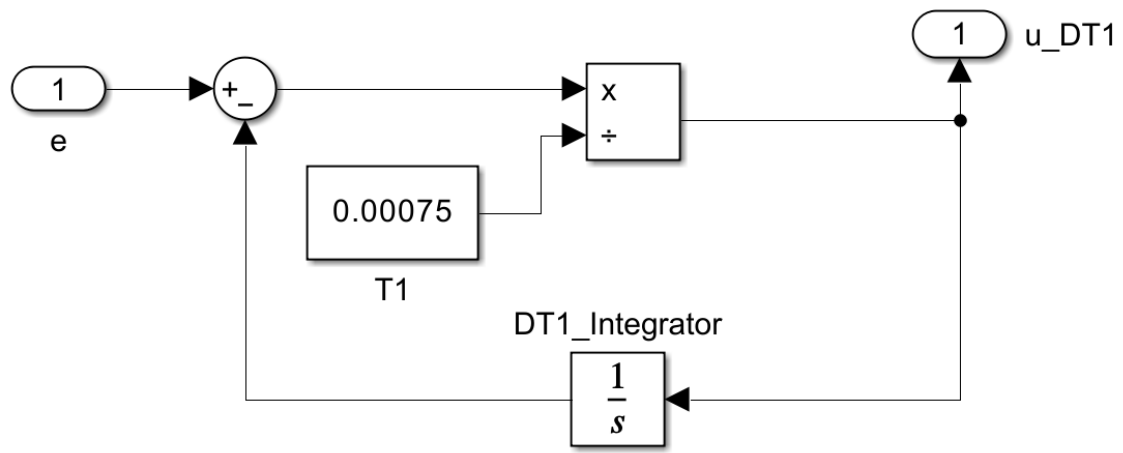


Figure 2: DT1 Regler

Ziel war es zunächst den Kaskadenregler, durch Änderungen an den Parametern, in seinem Verhalten zu verbessern. Eine Messung ohne Änderungen an den Parametern ergab folgendes Verhalten.

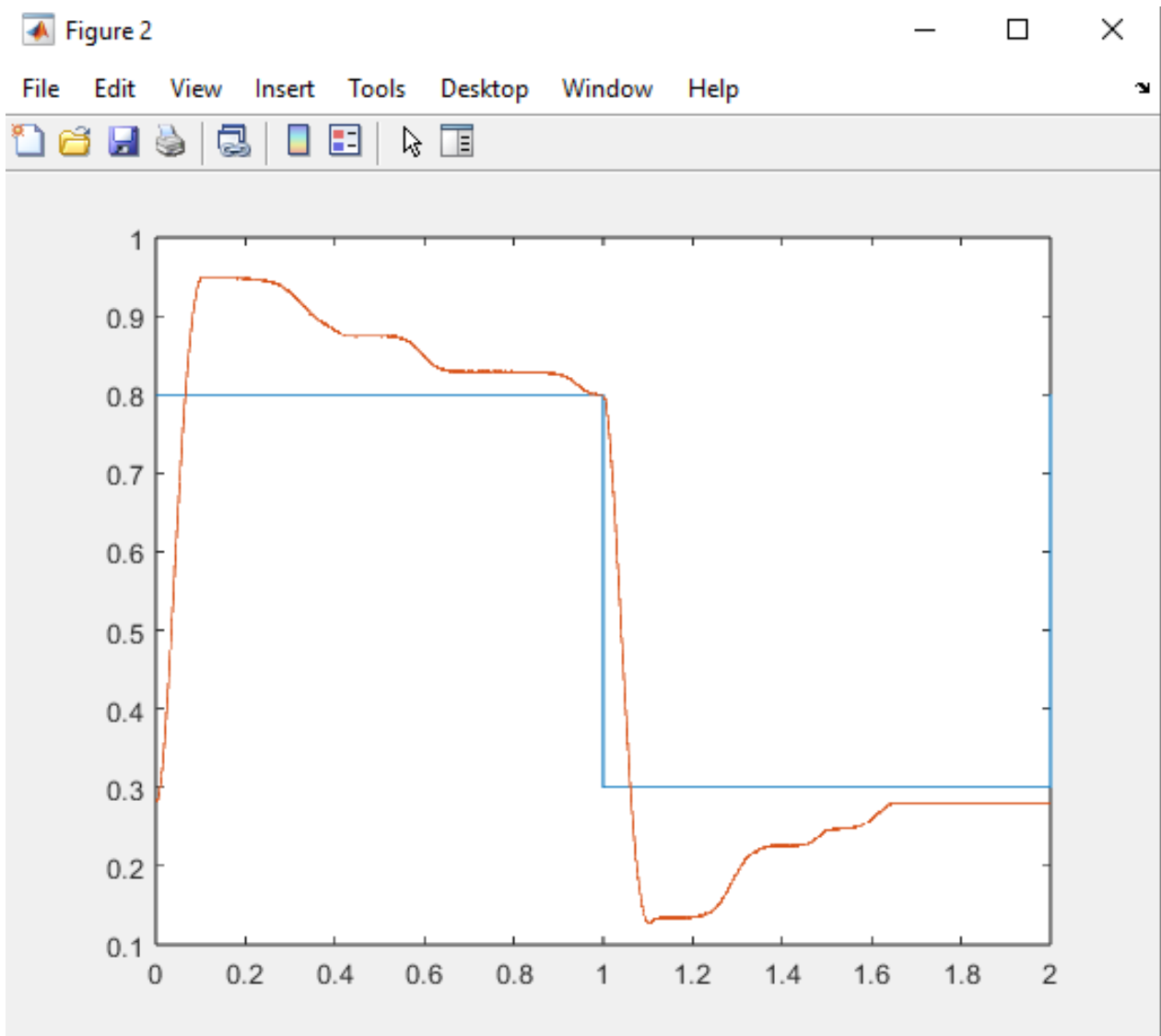


Figure 3: Verlauf mit den errechneten Werten

Zu sehen ist das der Regler weit entfernt von dem optimalen Verhalten liegt. Bei einem Sollwert der Lage von 0.5 konnten die Werte wie folgt korregiert werden um:

$$K_p = 10.0$$

$$T_n = 0.04$$

$$T_v = 0.025$$

$$T_1 = 0.0003$$

Mit der Korrektur sieht das Verhalten des Kaskadenreglers so aus:

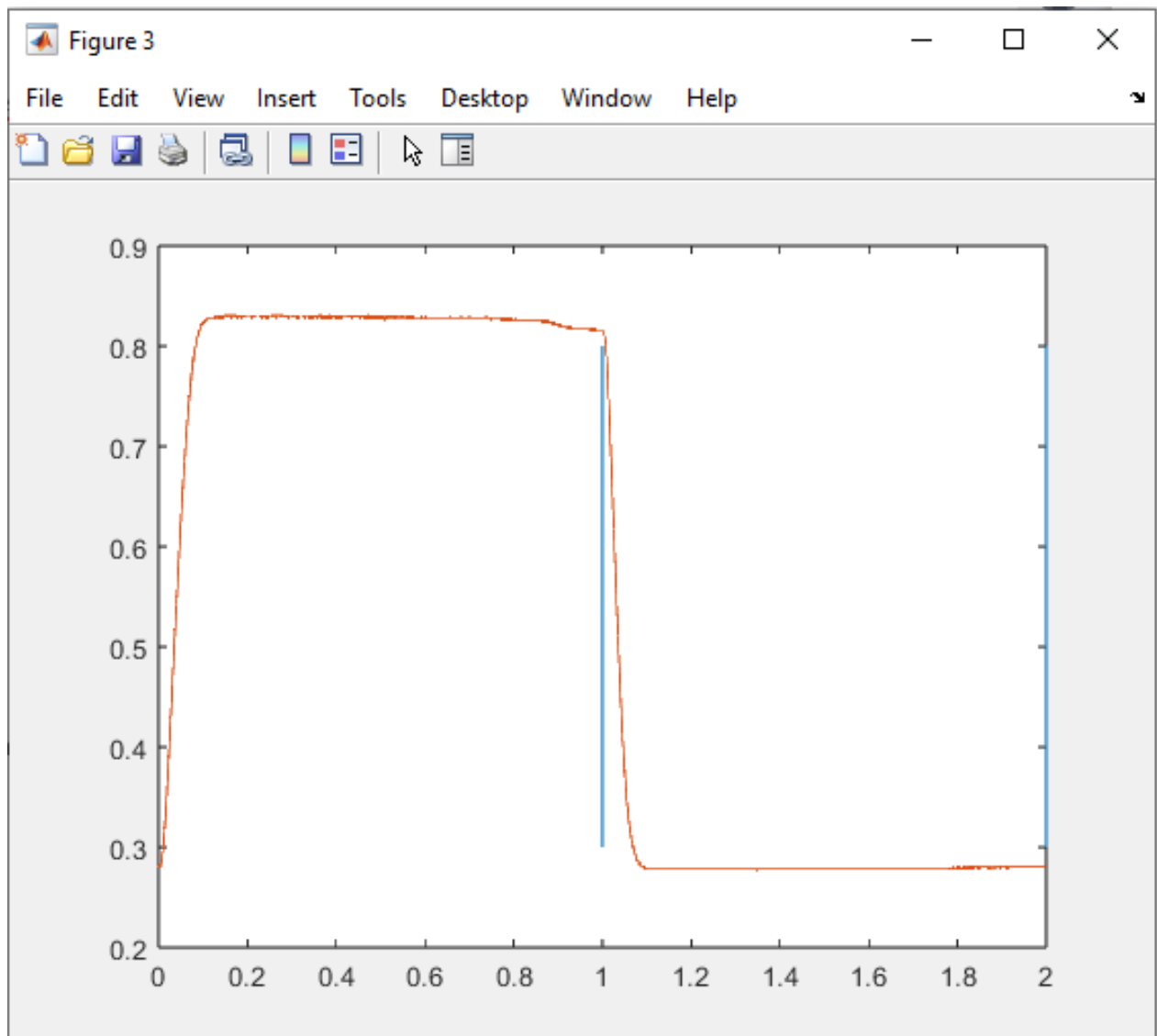


Figure 4: Verlauf mit den korregierten Werten

Im Vergleich zu den errechneten Werten ist schon eine deutliche Steigerung der performance zu erkennen. Eine Änderung des Regelsollwerts auf 0.3 zieht folgen bei dem Regeln nach sich. An den Flanken der Sprungantwort ist zu erkennen das der Regler nichtmehr das optimale Verhalten aufweist.

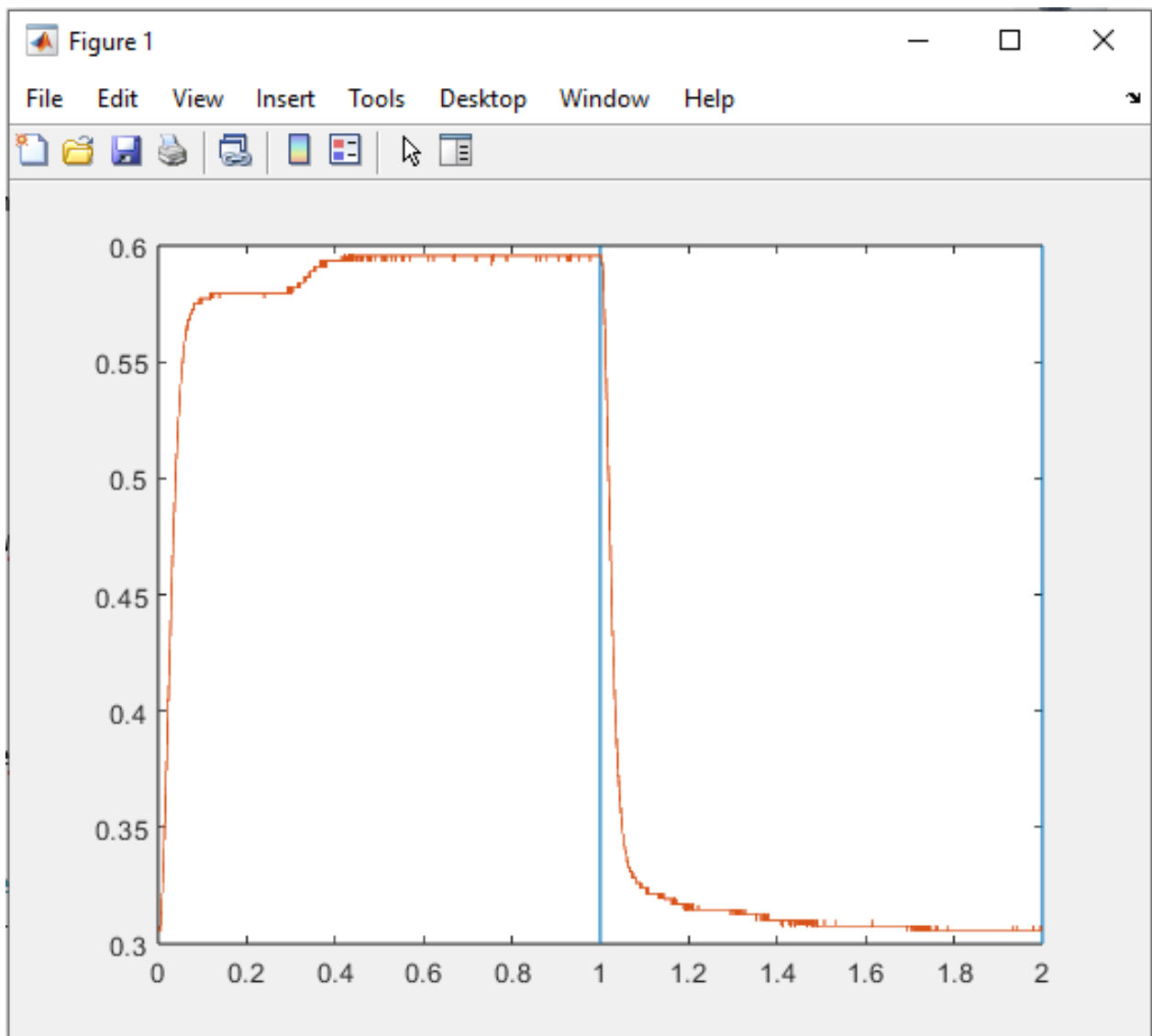


Figure 5: Verlauf mit geändertem Sollwert

Nun wird eine Sollwertglättung zugeschaltet. Durch diese Änderung wird der Stellgrößenanfangswert signifikant kleiner und erlaubt uns K_p sehr viel höher einzustellen. Die Anpassungen der Parameter sieht folgendermaßen aus:

$$K_p = 35$$

$$T_n = 0.04$$

$$T_v = 0.025$$

$$T_1 = 0.0001$$

Dadurch kann ein fast perfektes Verhalten des Reglers erzielt werden.

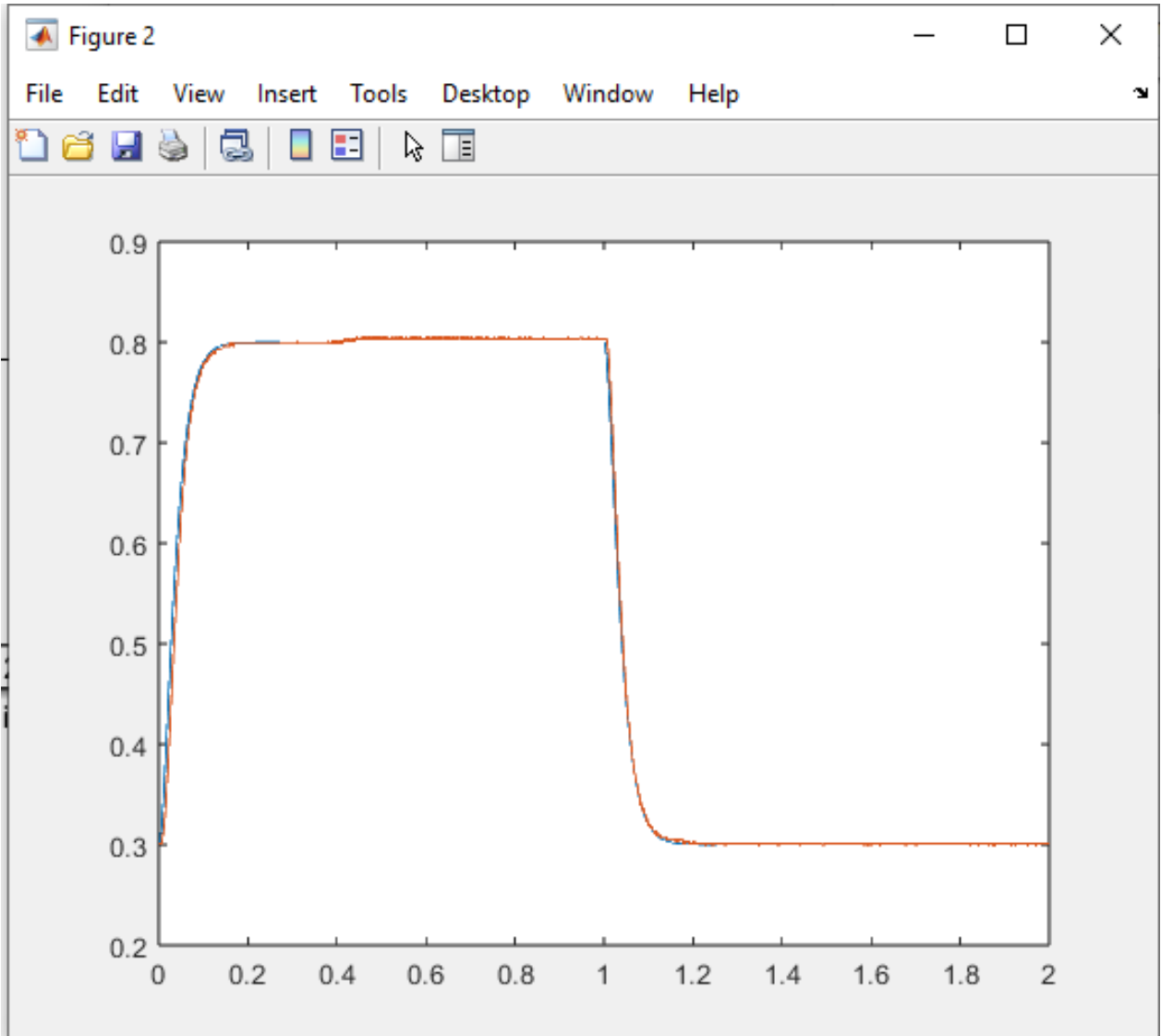


Figure 6: Verlauf mit Sollwertglättung und Sollwert = 0.5

Bei gleichbleibenden Parametern und Änderungen an dem Sollwert ist, genau wie zuvor, eine Verschlechterung der Performance zu erkennen.

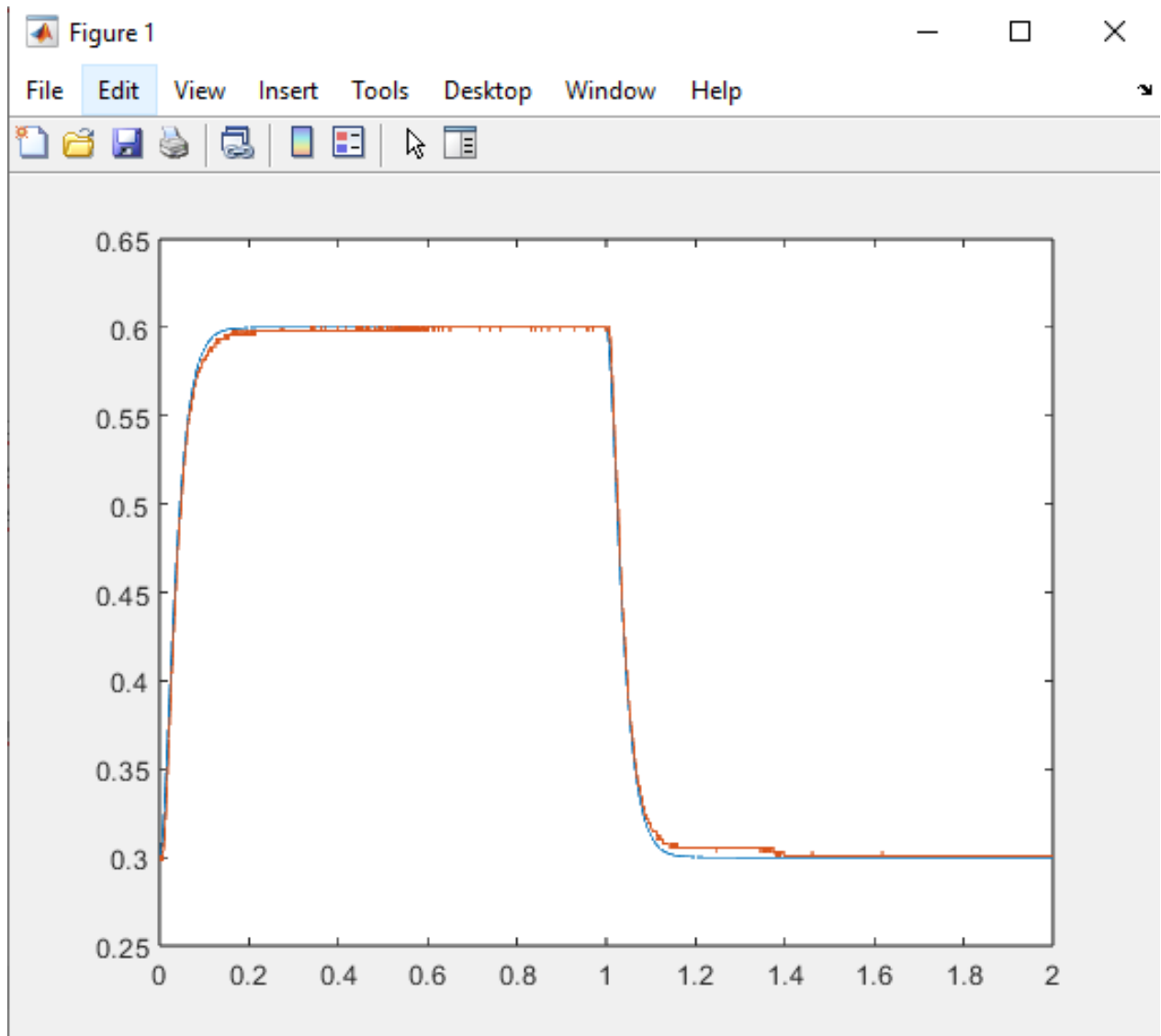


Figure 7: Verlauf mit Sollwertklättung und Sollwert = 0.3

1.3 Nachbearbeitung

1.3.1 Auswertung

Bei den Anpassungen der Parameter konnte die Funktion der einzelnen Parameter folgendermaßen beschrieben werden. K_p erhöht die Beeinflussung der einzelnen Parameter auf das Gesamtsystem. T_n erhöht oder reduziert die Zeit, nach welcher der Regler den Sollwert erreicht hat. Wird T_n größer gewählt kann zwar der Sollwert schneller erreicht werden, es entstehen aber auch Überschwingungen wenn es zu hoch gewählt wird. T_v Staucht oder streckt die Flanke. Mit steigendem T_v wird die Flanke gestreckt. T_1 beeinflusst die Genauigkeit mit welcher der Sollwert nach der Flanke erreicht wird. Mit einer kombinierten Anpassung aller Parameter war es möglich den Kaskadenregler in seiner Performance zu verbessern. Ein fast perfekten Regler kann mit der Sollwertklättung erreicht werden, wie in Figure 6 zu erkennen ist.

2 Termin 4

2.1 Vorbereitung

2.1.1 Reglerentwurf

Es soll ein Regler so entworfen werden, dass die beiden Streckpole des mechanischen Teilsystems gegen zwei Regler-Nullstellen gekürzt werden. Dazu wird ein PID- T_1 Regler mit folgender Übertragungsfunktion verwendet:

$$G_{PID-T_1}(s) = K_r \frac{s^2 + as + b}{s(T_1s + 1)}$$

Mit den Werten

$$a = 2\zeta\omega_0 = 11,884$$

$$b = \omega_0^2 = 63,526$$

$$T_1 = 0,005$$

K_r wird zunächst unbestimmt belassen. In Simulink ergibt sich dadurch folgender Regler.

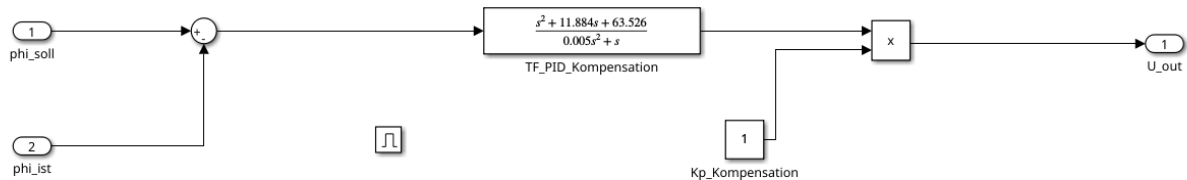


Figure 8: PID- T_1 Regler in Simulink

2.1.2 Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises

$$T(s) = \frac{L(s)}{1 + L(s)} \cdot \frac{V \cdot K_R \cdot \omega_0^2}{s^2 \cdot T_1 + s + V \cdot K_R \cdot \omega_0^2}$$

2.1.3 Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises bei ungenauer Kürzung

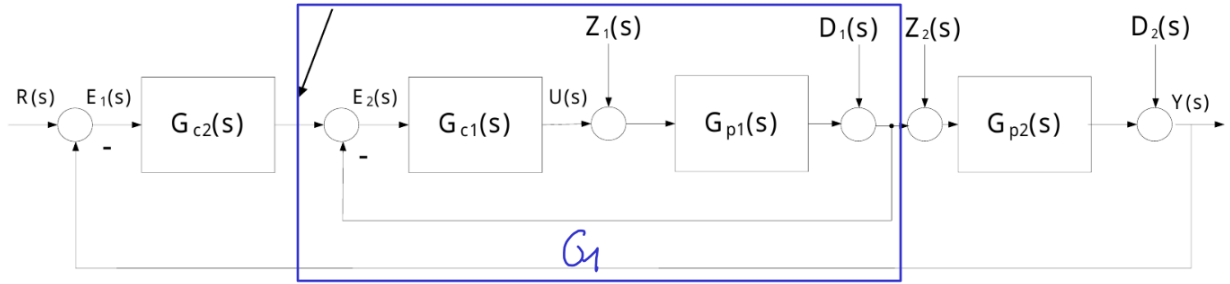


Figure 9: Plan des gesamten Kaskadenregelkreises

$$\begin{aligned}
 G_1(s) &= \frac{\frac{Z_{C1}Z_{P1}}{N_{C1}N_{P1}}}{1 + \frac{Z_{C1}Z_{P1}}{N_{C1}N_{P1}}} \\
 &= \frac{Z_{C1}Z_{P1}}{N_{C1}N_{P1} + Z_{C1}Z_{P1}} \\
 T(s) &= \frac{Z_{C2}Z_1Z_{P2}}{N_{C2}N_1N_{P2} + Z_{C2}Z_1Z_{P1}} \\
 &= \frac{Z_{C2}Z_{P2}Z_{C1}Z_{P1}}{N_{C2}N_{P1}N_{C1}N_{P2} + Z_{C1}Z_{P1}Z_{C2}Z_{P2} + Z_{C1}Z_{P1}} \\
 &= \frac{K_r(s^2 + 2\zeta\omega_0^2)(\omega_0^2V)(K_p(T_ns + 1))}{(T_1s^2 + s)(L_as + R_a)(T_ns)(s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2) + K_p(T_ns + 1) + K_r(s^2 + 2\zeta\omega_0 + \omega_0^2)(\omega_0^2V)(K_p(T_ns + 1))}
 \end{aligned}$$

2.2 Versuchsdurchführung

2.2.1 Regelverhalten

Nun wird versucht über K_p den Regler so einzustellen, dass das Regelverhalten möglichst genau dem Führungsverhalten folgt.

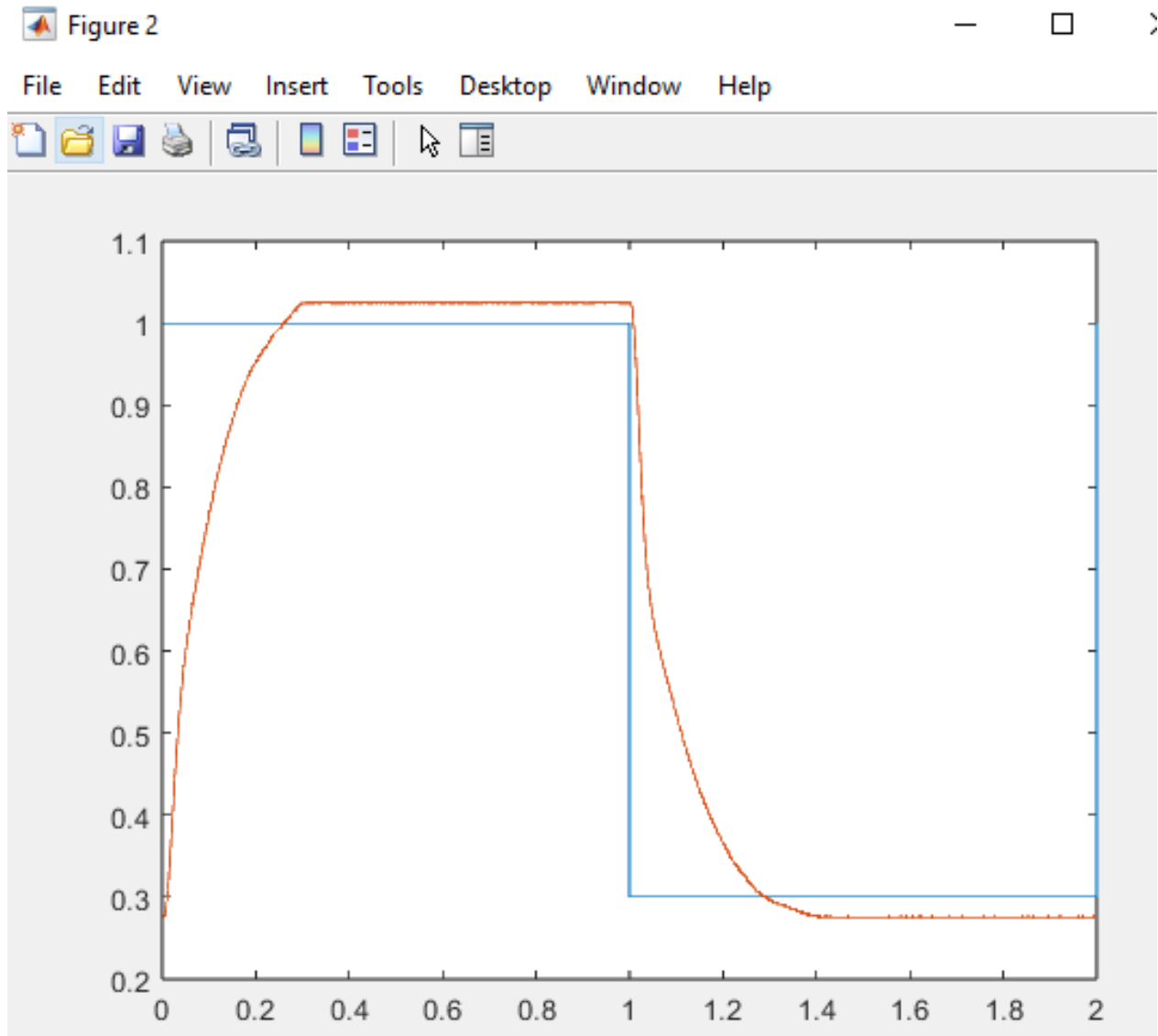


Figure 10: Aufnahme mit $K_p = 0.15$ und $\Phi = 0.7$

Wenn man nun diesen Regler bei einem anderen Φ testet, ist die Performance deutlich schlechter.

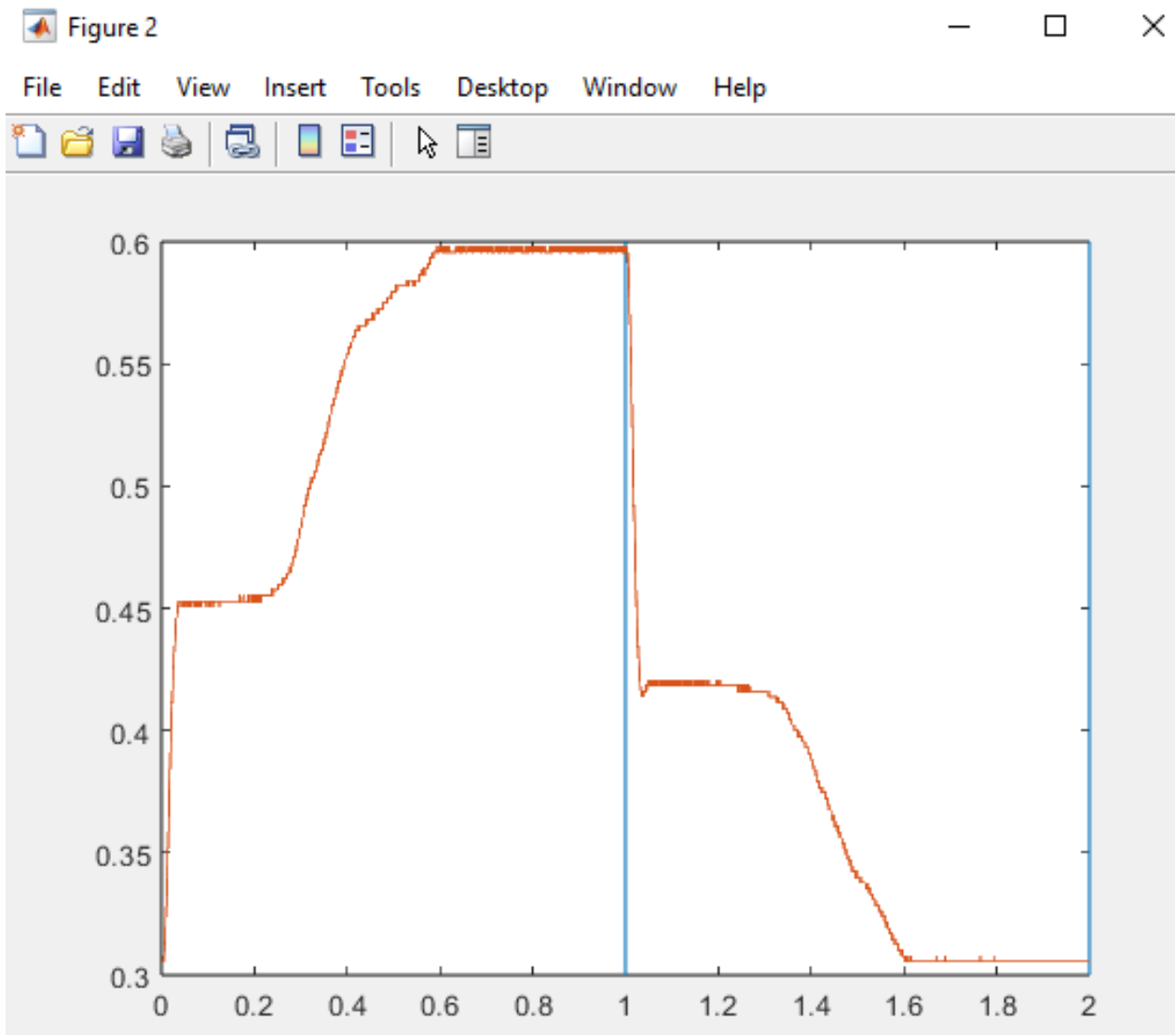


Figure 11: Aufnahme mit $K_p = 0.15$ und $\Phi = 0.3$

2.2.2 Regelverhalten mit Vorfilter

Die Performance des Reglers kann zwar bei einem bestimmten Φ gut eingestellt werden, jedoch ist die Anstiegszeit immernoch sehr hoch, und sobald Φ geändert wird, ist die Performance deutlich schlechter. Um die Performance zu steigern, wird nun ein Vorfilter eingebaut.

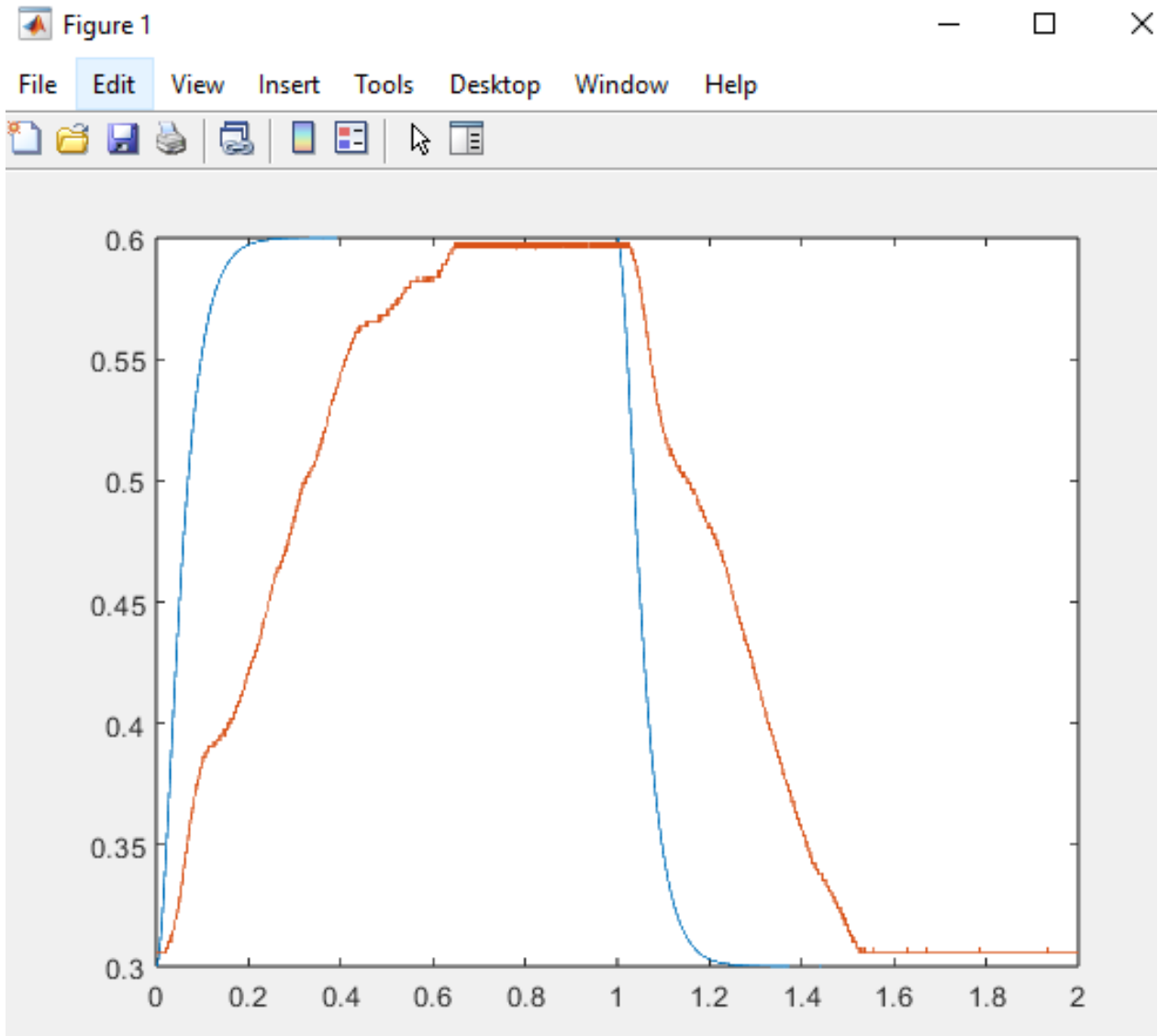


Figure 12: Aufnahme mit $K_p = 0.15$ und $\Phi = 0.3$

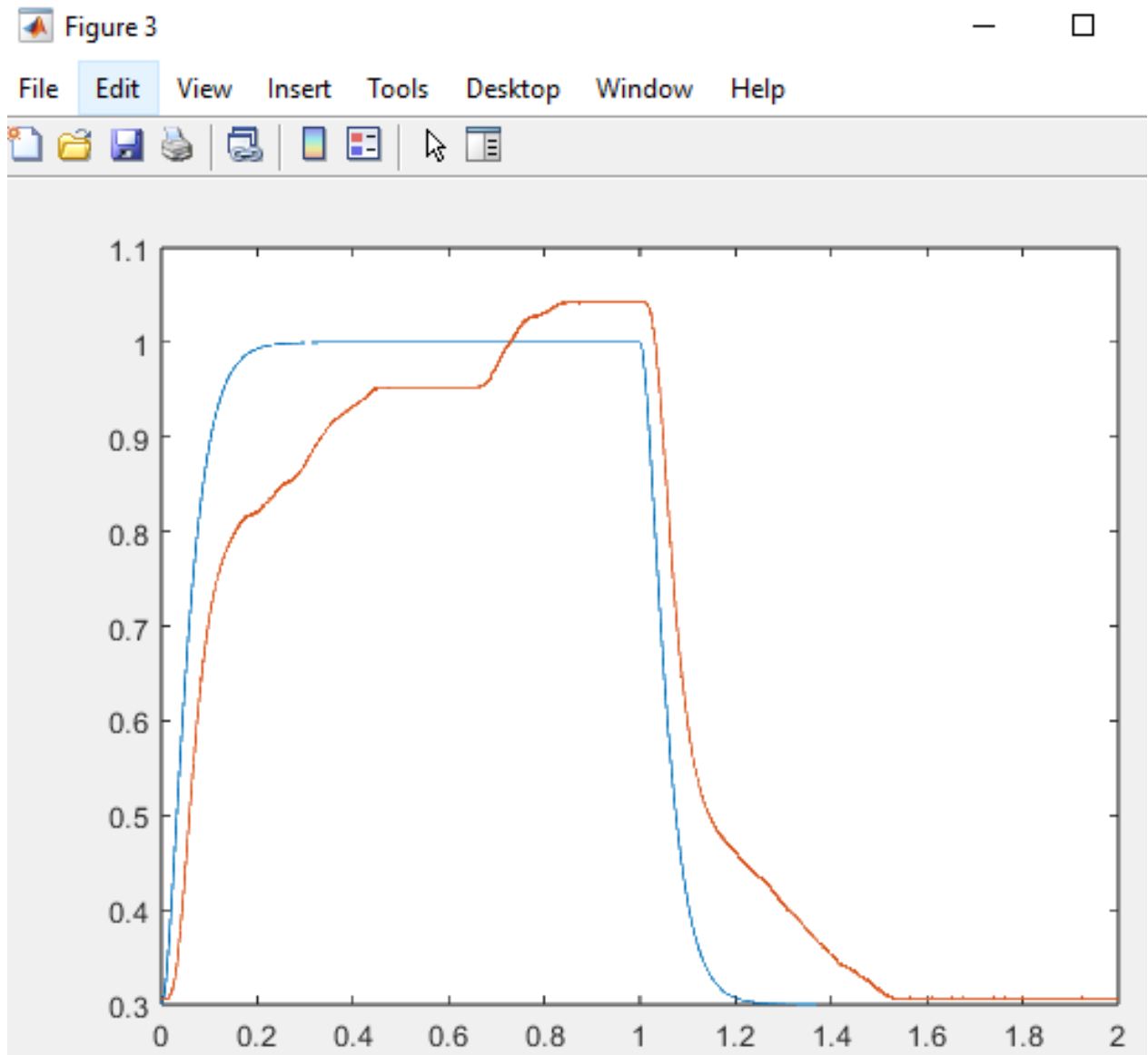


Figure 13: Aufnahme mit $K_p = 0.15$ und $\Phi = 0.7$

Bei gleichen Reglerwerten ist die Performance mit Vorfilter nicht unbedingt besser, als mit ohne Vorfilter.

2.3 Nachbereitung und Diskussion

2.3.1 Auswertung

Bei der Glättung kann K_p deutlich höher gewählt werden um das Filterverhalten zu verbessern. Zu sehen ist dies hier wo K_p auf 1 erhöht wurde.

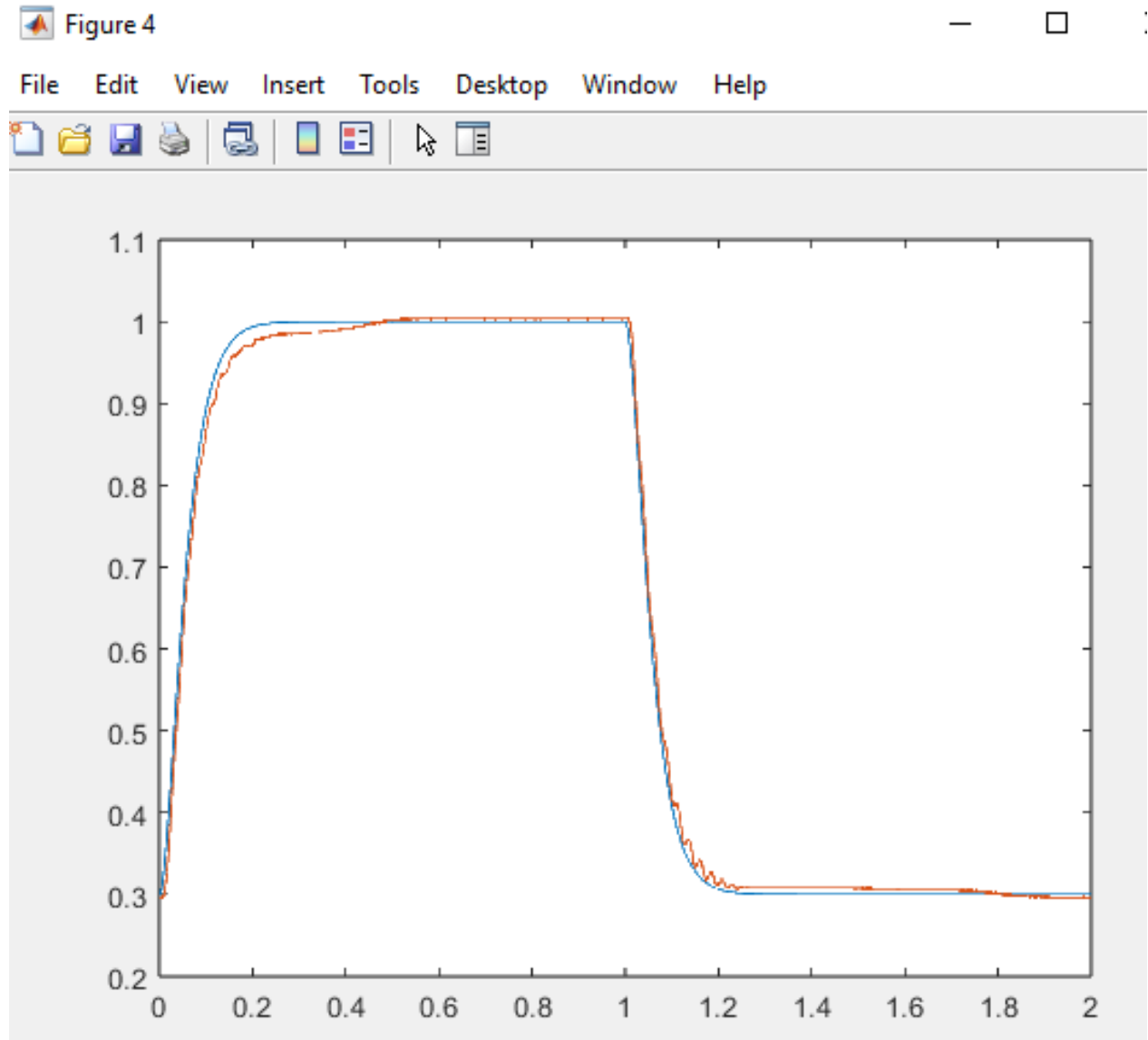


Figure 14: Aufnahme mit $K_p = 1$ und $\Phi = 0.7$

Der Regler konnte ohne Vorfilter keine gute Performance abliefern, vorallem wenn er bei unterschiedlichem Φ getestet wurde. Durch den Vorfilter und erneute Anpassung der Reglerparameter ist eine deutliche Steigerung der Performance zu sehen. Der Regler schafft es jetzt fast dem Führungsverhalten komplett zu folgen und hat nur sehr kleine Abweichungen.