

# Fachhochschule Aachen

## Campus Jülich

Fachbereich 10: Energietechnik

Electrical Engineering (AOS)  
Labor Anlagen-Betrieb, MRDS

### **Abschlussbericht zum Teilpraktikum Modellierung und Regelung dynamischer Systeme**

Hausarbeit von Gruppe 12

(Omar Barazanji 3304954)  
(Alp Cetin 3303020)  
(Nachuan Wang 3197311)

Jülich, 01/07/2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	
<b>1 SYSTEM- UND PROBLEMBESCHREIBUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 DIE SYSTEMPARAMETER UND WEITERE WERTE ZUR MODELLIERUNG.....	2
<b>2 SYSTEMANALYSE.....</b>	<b>3</b>
2.1 WIRKUNGSPLAN DES OHNE REGLER OFFENEN REGELKREISES.....	3
2.2 DIFFERENTIALGLEICHUNGEN DER TEILSYSTEME .....	5
2.3 ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN DER TEILSYSTEME .....	6
2.4 DARSTELLUNG DER POLSTELLEN UND DER SPRUNGANTWORTEN DES GESAMTSYSTEMS .....	7
<b>3 REGLERSTRUKTURFESTLEGUNG .....</b>	<b>9</b>
3.1 FESTLEGUNG UND BEGRÜNDUNG DER STRUKTUR FÜR DIE REGELUNG UNTER BEACHTUNG DES FÜHRUNGSGRÖBENVERHALTENS .....	11
3.2 FESTLEGUNG UND BEGRÜNDUNG DER STRUKTUR FÜR DIE REGELUNG UNTER BEACHTUNG DES STÖRGRÖBENVERHALTENS .....	12
<b>4 REGLERPARAMETERBERECHNUNG.....</b>	<b>13</b>
4.1 FESTLEGUNG DER MINIMALEN DÄMPFUNG UND DER MAXIMALEN ZEITKONSTANTE EINES BEISPIELHAFTEN PT2-VERHALTENS AUF BASIS DER GÜTEKRITERIEN .....	13
4.2 UNTERSUCHUNG, OB EINE MODELLREDUKTION NOTWENDIG ODER MÖGLICH IST.....	15
4.3 AUSWAHL VON MINDESTENS ZWEI REGLERENTWUFSVERFAHREN UND VERGLEICH DER ERGEBNISSE .....	17
4.3.1 <i>Begründung der Wahl des Reglerentwurfsverfahrens 1</i> .....	17
4.3.2 <i>Bildung des Reglerentwurfsmodells 1</i> .....	18
4.3.3 <i>Berechnung der Reglerparameter nach dem Verfahren 1</i> .....	20
4.3.4 <i>Begründung der Wahl des Reglerentwurfsverfahrens 2</i> .....	21
4.3.5 <i>Bildung des Reglerentwurfsmodells 2</i> .....	22
4.3.6 <i>Begründung der Wahl des Reglerentwurfsverfahrens 2</i> .....	24
<b>5 REGLERVERHALTENSBEWERTUNG UND FEINTUNING .....</b>	<b>25</b>
5.1 PLAUSIBILISIERUNG DER SIMULATIONSERGEBNISSE.....	26
5.2 VERGLEICH DER REGELKREISVERHALTEN MIT DEN ENTWORFENEN REGLERN .....	27
5.3 BEGRUNDUNG DER REGLERWAHL UND OFFENE PUNKTE .....	28
<b>6 ANHANG .....</b>	<b>29</b>
6.1 MATLAB CODE .....	29
6.2 MATLAB SIMULINKMODELL MIT BESCHREIBUNG .....	34
6.3 VERWENDTE-LITERATUR .....	49
6.4 GANTTPROJEKT CHART.....	50
6.5 LOP .....	54
6.6 PRÄSENTATION .....	56

## 1. System- und Problembeschreibung

Das zu steuernde System besteht aus einer Lampe als Kern. Der Lampenstrom  $i_A$  wird in der Leistungselektronik über die Steuerspannung  $u_y$  eingestellt. Der Lampenstrom  $i_A$  fließt dann durch die Lampe und wird dort in einen Lichtstrom umgewandelt. Der Lichtstrom läuft dann ein Sensorfläche durch und bewirkt die Erzeugung der Bestrahlungsstärke  $E$ . Die Bestrahlungsstärke  $E$  wird beim Durchgang durch den Beleuchtungsstärkesensor in die Spannung  $u_E$  umgewandelt. Da die Spannung  $u_E$  sehr klein und stark verrauscht ist, muss zur Glättung des Signals ein Messfilter eingesetzt werden, wodurch sich eine Ausgangsspannung  $u_r$  ergibt, deren Niveau von 0V – 10V angehoben wird.

Auch der andere Eingang zur Leistungselektronik, die Versorgungsspannung, muss bei der Auslegung des Reglers berücksichtigt werden. Da die Versorgungsspannung nicht beeinflussbar ist, muss sie bei der Auslegung des Reglers als Störgröße berücksichtigt werden

Ziel ist es, eine Beleuchtungsstärkeregelung zu entwerfen und den Regler so einzustellen, dass die Bestrahlungsstärke  $E$  über den Lampenstrom  $i_A$  um einen Arbeitspunkt stabilisiert wird. Unabhängig von den Schwankungen der Versorgungsspannung  $u_V$ .

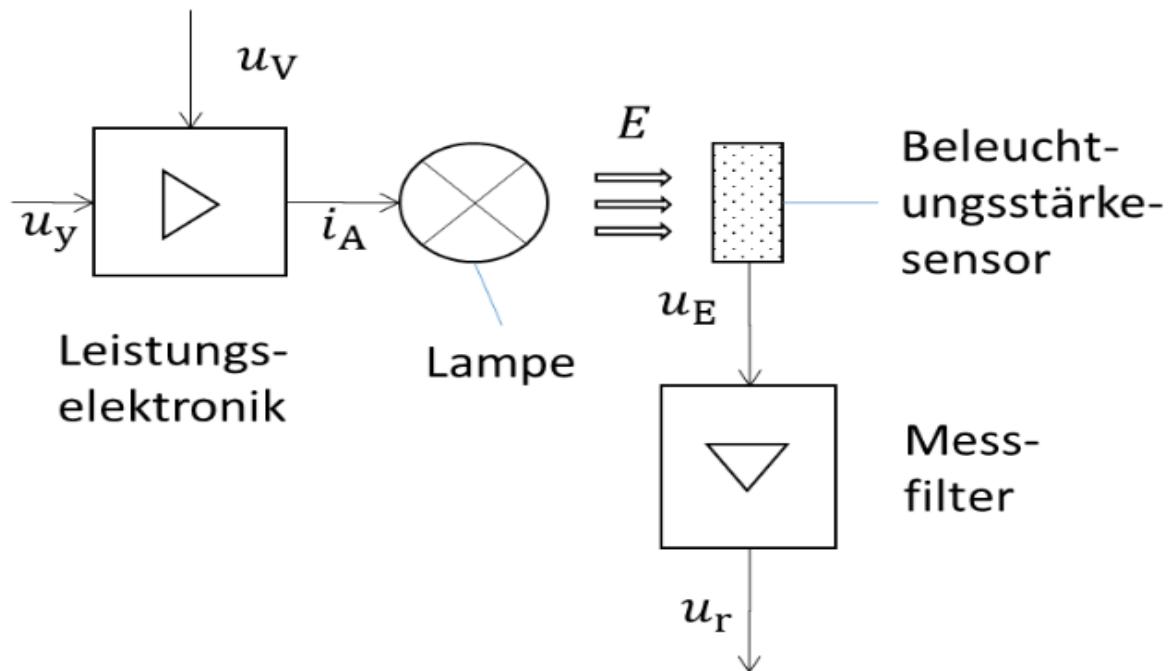


Abbildung 1: Skizze des Systems

## 1.1 Die Systemparameter und weitere Werte zur Modellierung

Leistungselektronik	Lampe	Beleuchtungsstärkesensor	Messfilter
$K_{LE1} = 0,2 \frac{A}{V}$	$K_L = 1000 \frac{lx}{A}$	$K_E = 0,5 \frac{mV}{lx}$	$K_{MF} = 10 \frac{V}{V}$
$K_{LE2} = 1 \frac{A}{V}$	$T_L = 10 ms$		$T_{MF} = \frac{1}{10} ms$
$T_{LE} = 1\mu s$			

Tabelle 1: Systemparameter

Güte des Reglers:

$$T_{an} < 0,4 ms$$

$$T_{aus} < 1.9ms$$

$$x_{\ddot{u},max} < 10 lx$$

$$x_{\infty} = 0 lx$$

Toleranzband:

$$\delta E = \pm 10 lx$$

Arbeitspunkte:

$$A_{pu} = 1000 lx$$

$$A_{po} = 1100 lx$$

Grenzen der Ausgangsspannung:

$$u_{y,min} = 0V$$

$$u_{y,max} = 10V$$

## 2. Systemanalyse

### 2.1 Wirkungsplan des ohne Regler offenen Regelkreises

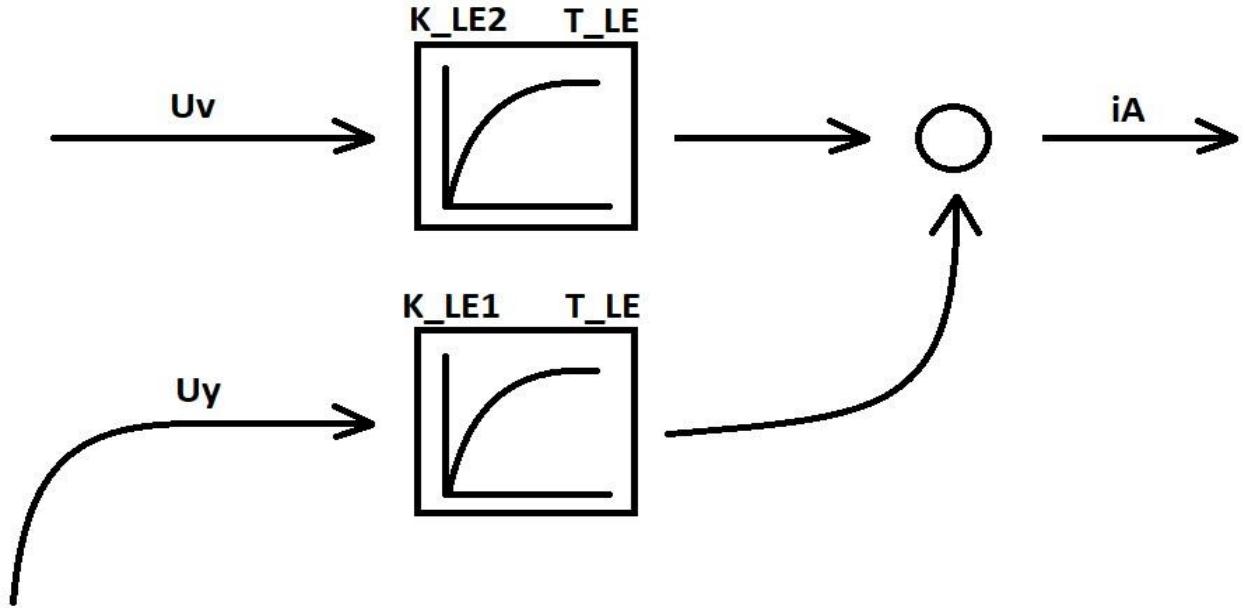


Abbildung 2: Leistungselektronik

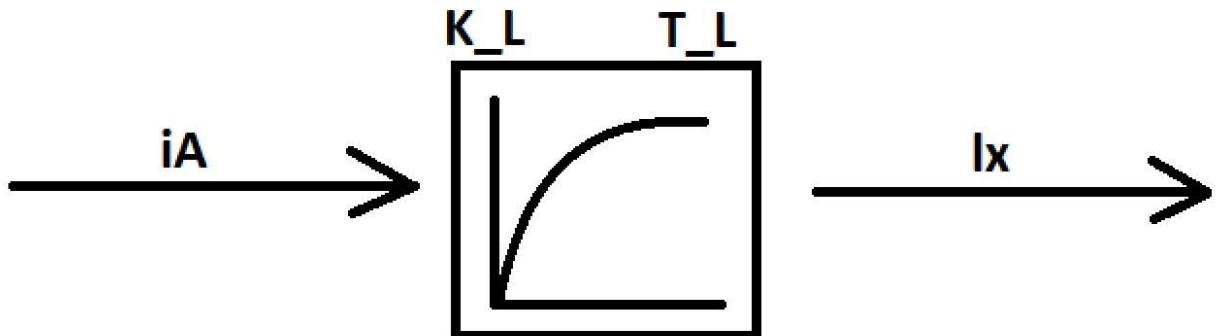


Abbildung 3: Lampe

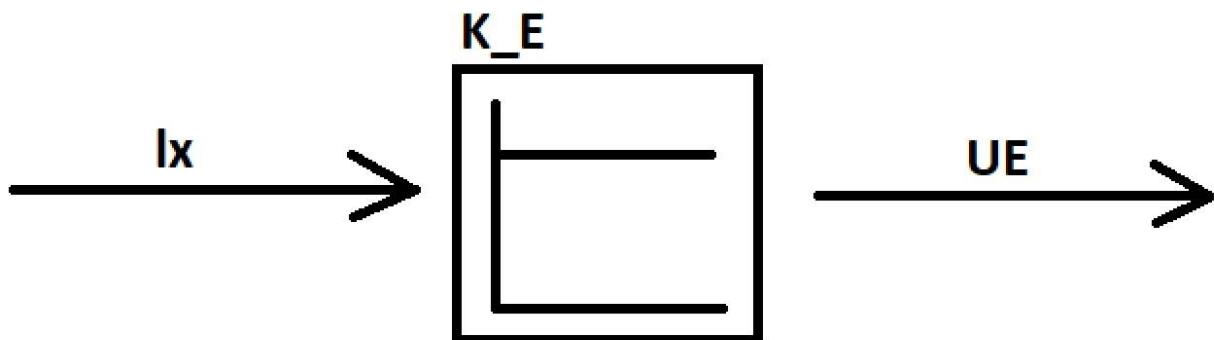


Abbildung 4: Beleuchtungsstärkesensor

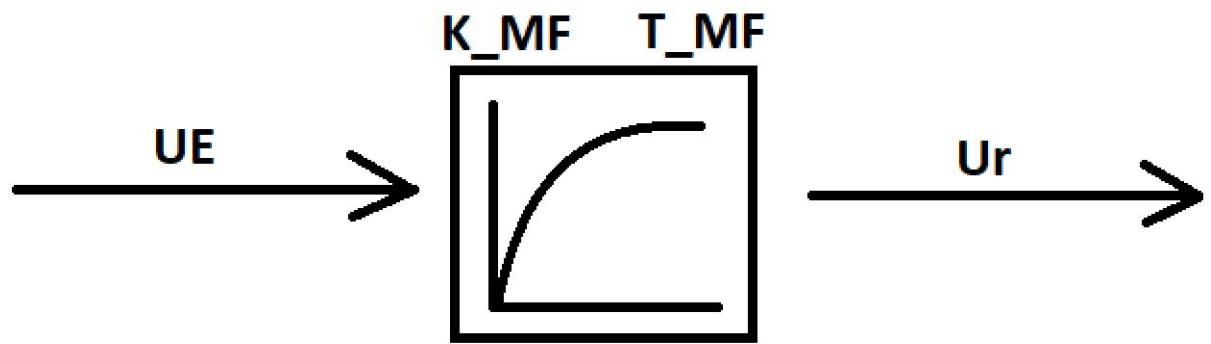


Abbildung 5: Messfilter

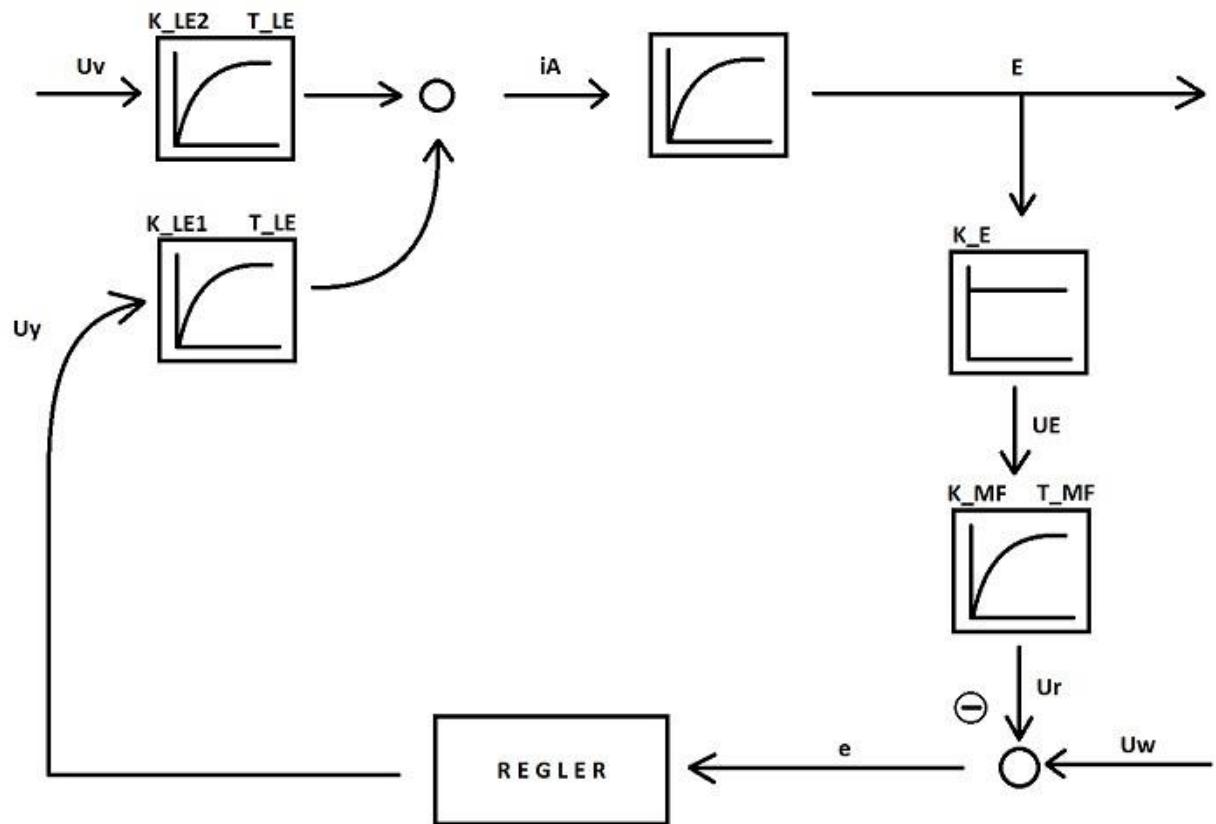


Abbildung 6: Feinanalyse des Systems

## 2.2 Differentialgleichungen der Teilsysteme

Leistungselektronik:

$$T_{LE} \cdot \dot{i}_A + i_A = K_{LE1} \cdot U_y$$

Lampe:

$$T_L \cdot \dot{E} + E = K_L \cdot i_A$$

Beleuchtungsstärkesensor

$$U_e = K_e \cdot E$$

Messfilter:

$$T_{MF} * \dot{U}_r + U_r = K_{MF} \cdot U_E$$

## 2.3 Übertragungsfunktionen der Teilsysteme

Leistungselektronik:

$$L\{i_A\} = \frac{K_{LE1} * L\{U_y\}}{T_{LE} * s + 1}$$

Lampe:

$$L\{E\} = \frac{K_L * L\{i_A\}}{T_L * s + 1}$$

Beleuchtungsstärkesensor

$$L\{U_E\} = K_E \cdot L\{E\}$$

Messfilter:

$$L\{U_r\} = \frac{K_{MF} * L\{U_E\}}{T_{MF} * s + 1}$$

Gesamtsystemgleichung:

$$L\{U_r\} = \frac{K_{MF} * K_E * K_L * K_{LE1} * L\{U_y\}}{(T_{MF} * s + 1)(T_L * s + 1)(T_{LE} * s + 1)}$$

Gesamtübertragungsfunktion:

$$\frac{L\{U_r\}}{L\{U_y\}} = \frac{U_r(s)}{U_y(s)} = F(s) = \frac{K_{MF} * K_E * K_L * K_{LE1}}{(T_{MF} * s + 1)(T_L * s + 1)(T_{LE} * s + 1)}$$

## 2.4 Darstellung der Polstellen und der Sprungantworten des Gesamtsystems

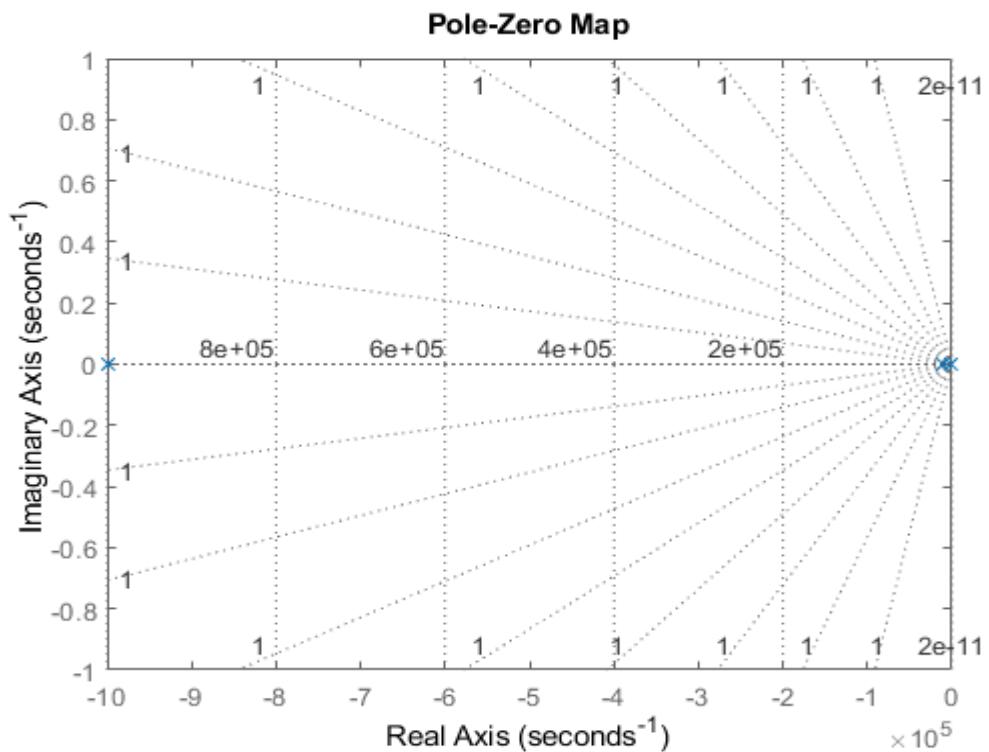


Abbildung 7: Diagramm zur Pol Nullstellen

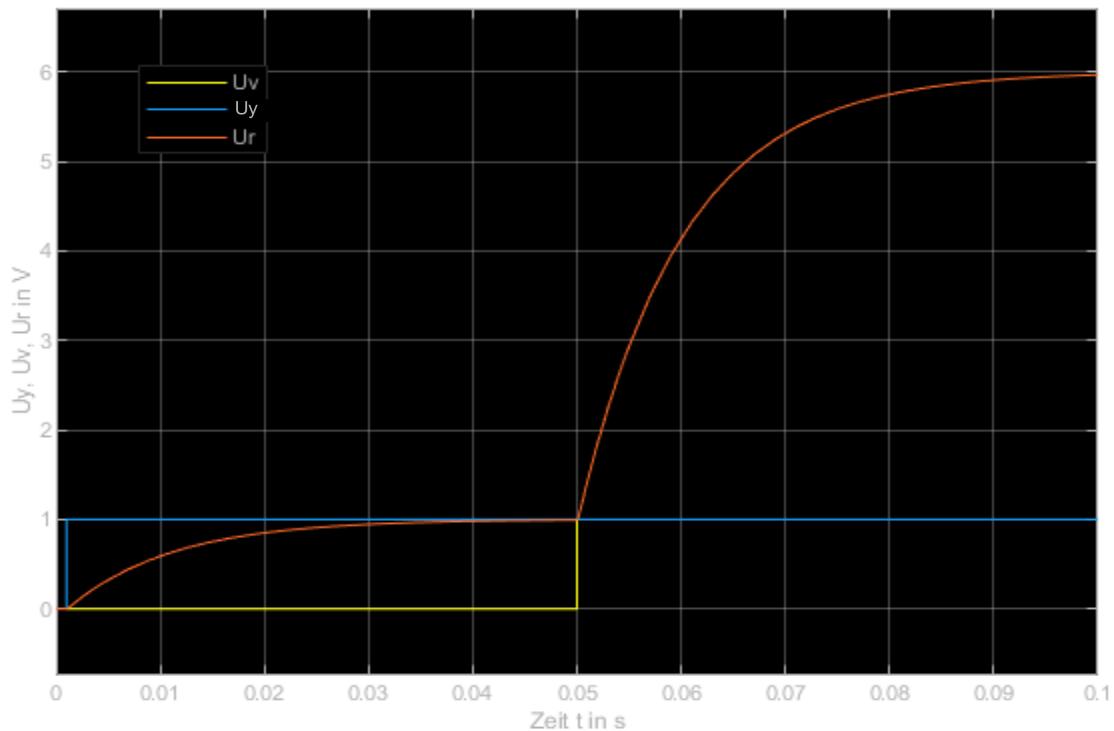


Abbildung 8: Sprungantwortdiagramm zur Ur

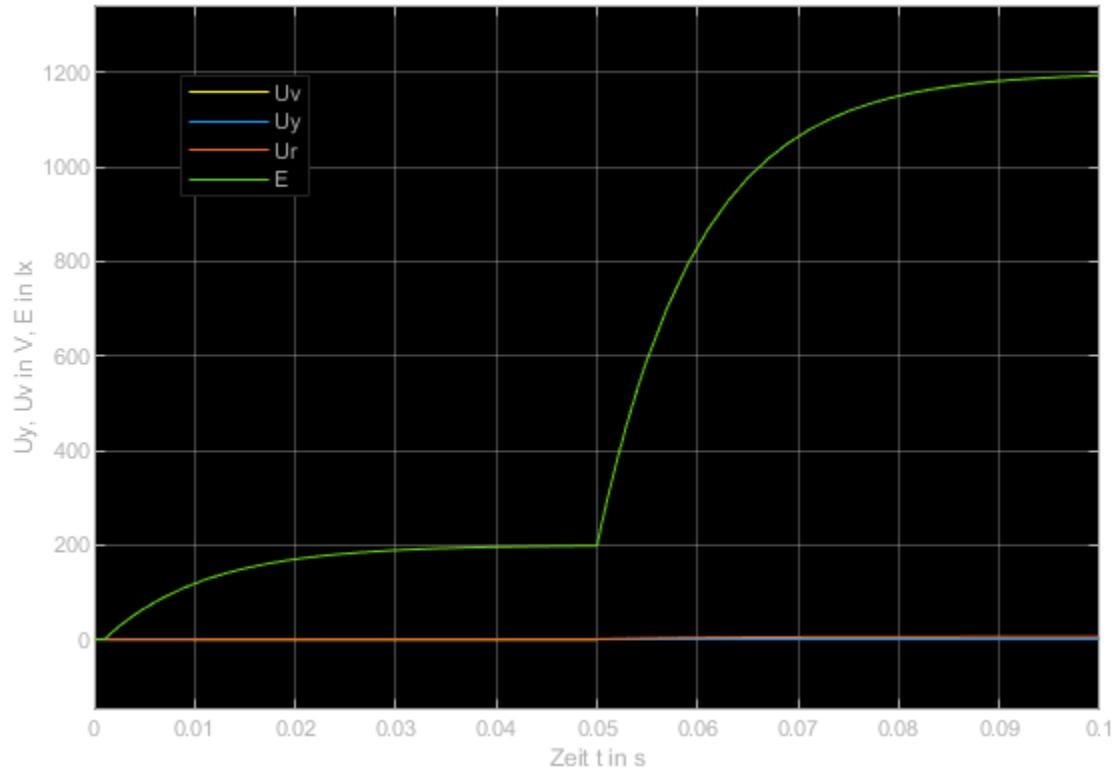


Abbildung 9: Abbildung 8: Sprungantwortdiagramm zur  $E$

### 3. Festlegung der Reglerstruktur

Führungsgrößenverhalten:

Das Führungsgrößenverhalten beschreibt die Reaktion der Regelgröße auf einen Sprung der Führungsgröße bei Konstanter Störgröße

Störgrößenverhalten:

Das Störgrößenverhalten beschreibt die Reaktion der Regelgröße auf einen Sprungförmige Änderung der Störgröße bei Konstanter Führungsgröße.

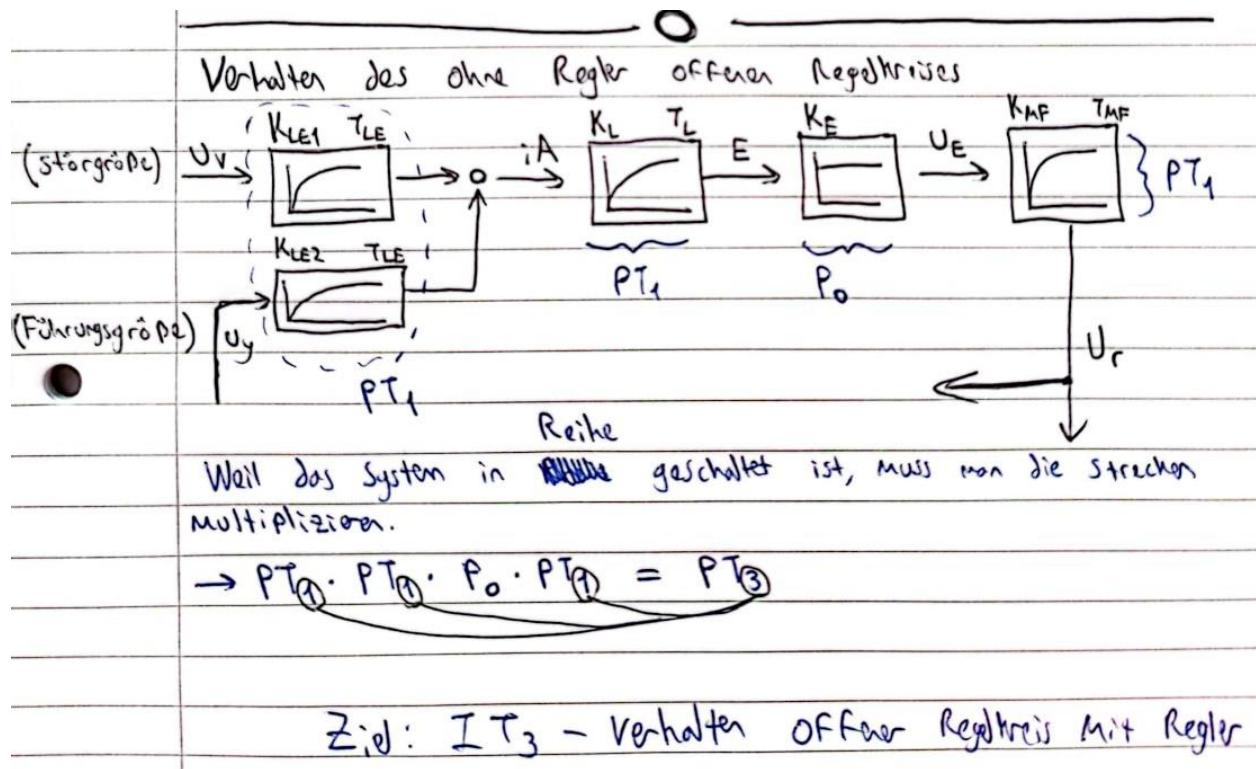
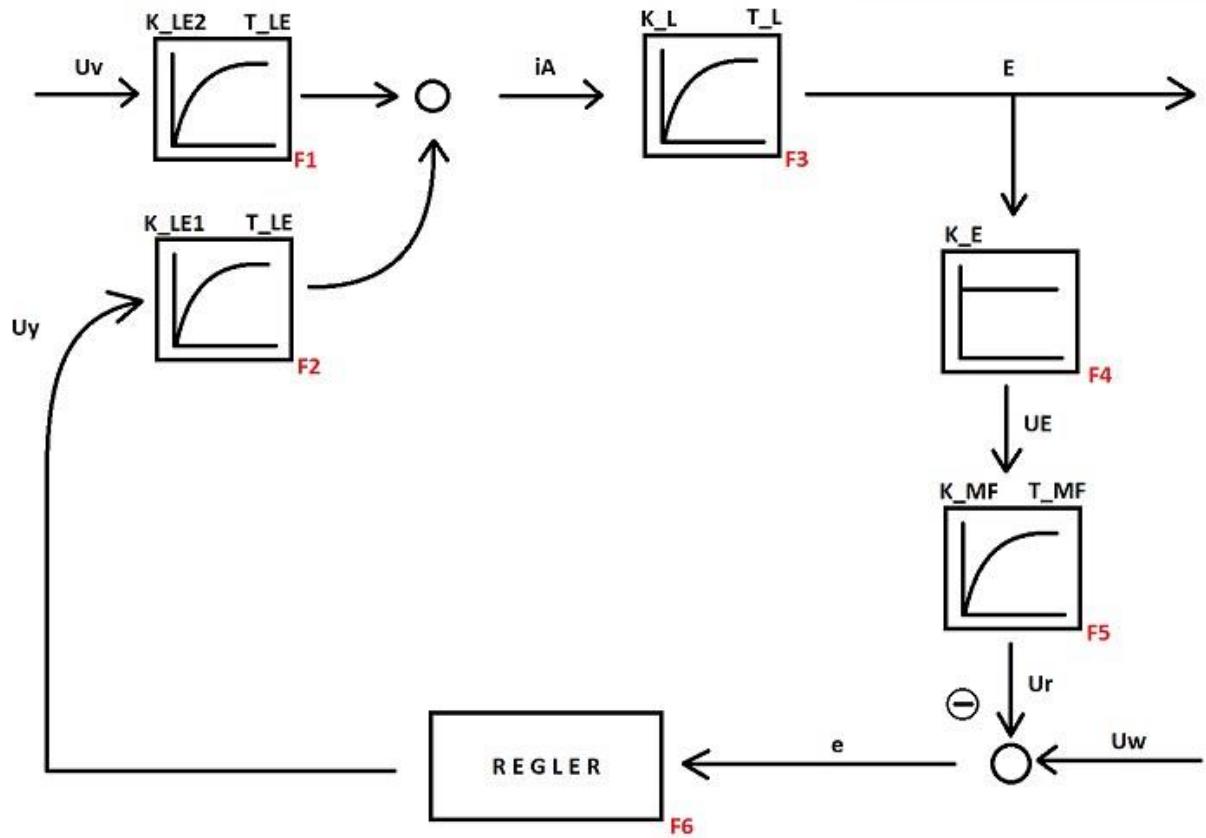


Abbildung 10: Verhalten des Ohne Regler offenen Regelkreises



Führungsgrößenverhaltens:

$$\frac{E(s)}{U_w(s)} = \frac{F_6 \cdot F_2 \cdot F_3}{1 + F_4 \cdot F_5 \cdot F_6 \cdot F_2 \cdot F_3}$$

Störgrößenverhaltens:

$$\frac{E(s)}{U_V(s)} = \frac{F_1 \cdot F_3}{1 + F_4 \cdot F_5 \cdot F_6 \cdot F_2 \cdot F_3}$$

PI-Regler:  $G(s) = K_P \left( 1 + \frac{1}{T_n \cdot s} \right)$

### 3.1 Festlegung und Begründung der Struktur für die Regelung unter Beachtung des Führungsgrößenverhaltens.

$$\begin{aligned}
F(s) &= \frac{E(s)}{U_\omega(S)} = \frac{E(s)}{U_\omega(S)} = \frac{F_6 \cdot F_2 \cdot F_3}{1 + F_4 \cdot F_5 \cdot F_6 \cdot F_2 \cdot F_3} \\
&= \frac{K_p \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot s}\right) \cdot \frac{K_{LE1}}{T_{LE} \cdot s + 1} \cdot \frac{K_L}{T_L \cdot s + 1}}{1 + K_E \cdot \frac{K_{MF}}{T_{MF} \cdot s + 1} \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot s}\right) \cdot \frac{K_{LE1}}{T_{LE} \cdot s + 1} \cdot \frac{K_L}{T_L \cdot s + 1}} \\
&= \frac{\frac{K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot (T_n \cdot s + 1)}{(T_n \cdot s) (T_{LE} \cdot s + 1)}}{(T_{MF} \cdot s + 1) (T_{LE} \cdot s + 1) (T_L \cdot s + 1) (T_N \cdot s) + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot (T_n \cdot s + 1)} \\
&= \frac{K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot (T_n \cdot s + 1) \cdot (T_{MF} \cdot s + 1)}{(T_{MF} \cdot s + 1) (T_{LE} \cdot s + 1) (T_L \cdot s + 1) (T_N \cdot s) + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot (T_n \cdot s + 1)} \\
a &= (T_n \cdot s + 1) \\
b &= (T_{MF} \cdot s + 1) \\
c &= (T_{MF} \cdot s + 1) (T_{LE} \cdot s + 1) (T_L \cdot s + 1) (T_N \cdot s) \\
&\quad a = 1 \\
\lim_{t \rightarrow \infty} s &= 0 \quad b = 1 \\
&\quad c = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{E(s)}{U_\omega(S)} &= \frac{K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L}{K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L} = \frac{1}{K_E \cdot K_{MF}} \\
\rightarrow E &= U_\omega \cdot \frac{1}{K_E \cdot K_{MF}}, \quad \text{mit Vorfilter: } U_\omega = \omega \cdot K_E \cdot K_{MF} \\
\therefore E &= \omega, \text{ Keine bleibende Regelabweichung}
\end{aligned}$$

### 3.2 Festlegung und Begründung der Struktur für die Regelung unter Beachtung des Störgrößenverhaltens.

$$\begin{aligned}
F(s) &= \frac{E(s)}{U_V(S)} = \frac{F_1 \cdot F_3}{1 + F_4 \cdot F_5 \cdot F_6 \cdot F_2 \cdot F_3} \\
&= \frac{\frac{K_{LE2}}{T_{LE} \cdot s + 1} \cdot \frac{K_L}{T_L \cdot s + 1}}{1 + K_E \cdot \frac{K_{MF}}{T_{MF} \cdot s + 1} \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot s}\right) \cdot \frac{K_{LE1}}{T_{LE} \cdot s + 1} \cdot \frac{K_L}{T_L \cdot s + 1}} \\
&= \frac{\frac{K_{LE2} \cdot K_L}{(T_{LE} \cdot s + 1) \cdot (T_L \cdot s + 1)}}{(T_{MF} \cdot s + 1) \cdot (T_n \cdot s) \cdot (T_{LE} \cdot s + 1) \cdot (T_L \cdot s + 1) + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot (T_n \cdot s + 1)} \\
&\quad (T_{MF} \cdot s + 1)(T_n \cdot s)(T_{LE} \cdot s + 1)(T_L \cdot s + 1)
\end{aligned}$$

$$a = (T_{LE} \cdot s + 1) \cdot (T_L \cdot s + 1)$$

$$b = (T_n \cdot s + 1)$$

$$c = (T_{MF} \cdot s + 1) \cdot (T_n \cdot s)$$

$$\begin{aligned}
&\frac{(T_{MF} \cdot s + 1) \cdot (T_n \cdot s) \cdot c}{a \cdot c} \\
&= \frac{a \cdot c + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot b}{a \cdot c} \\
&= \frac{K_{LE2} \cdot K_L \cdot c}{a \cdot c + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot b}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&a = 1 \\
\rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} &s = 0 \quad b = 1 \\
&c = 0
\end{aligned}$$

$$= \frac{E(s)}{U_V(S)} = \frac{0}{0 + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot 1} = 0$$

Da es 0 ist, bedeutet dies, dass die Wirkung der Störgröße auf die Regelgröße mit zunehmender Zeit gegen Unendlich vollständig abnimmt

## 4. Berechnung der Reglerparameter

### 4.1 Festlegung der minimalen Dämpfung und der maximalen Zeitkonstante eines beispielhaften PT2-Verhaltens

Zunächst wurden die Grenzwerte wie  $T_{an}$  -  $T_{aus}$  und das Toleranzband kodiert und dargestellt. Nach dem Einrichten der Grenzen wurde die Schrittfunktion einer beispielhaften PT2-Strecke mit einem konstanten  $T_{max}$  -Wert und wechselnden  $D_{min}$  -Werten durchlaufen, so dass man den minimalen Dämpfungspunkt der beispielhaften PT2-Strecke anhand der Grenzlinien beobachten konnte.

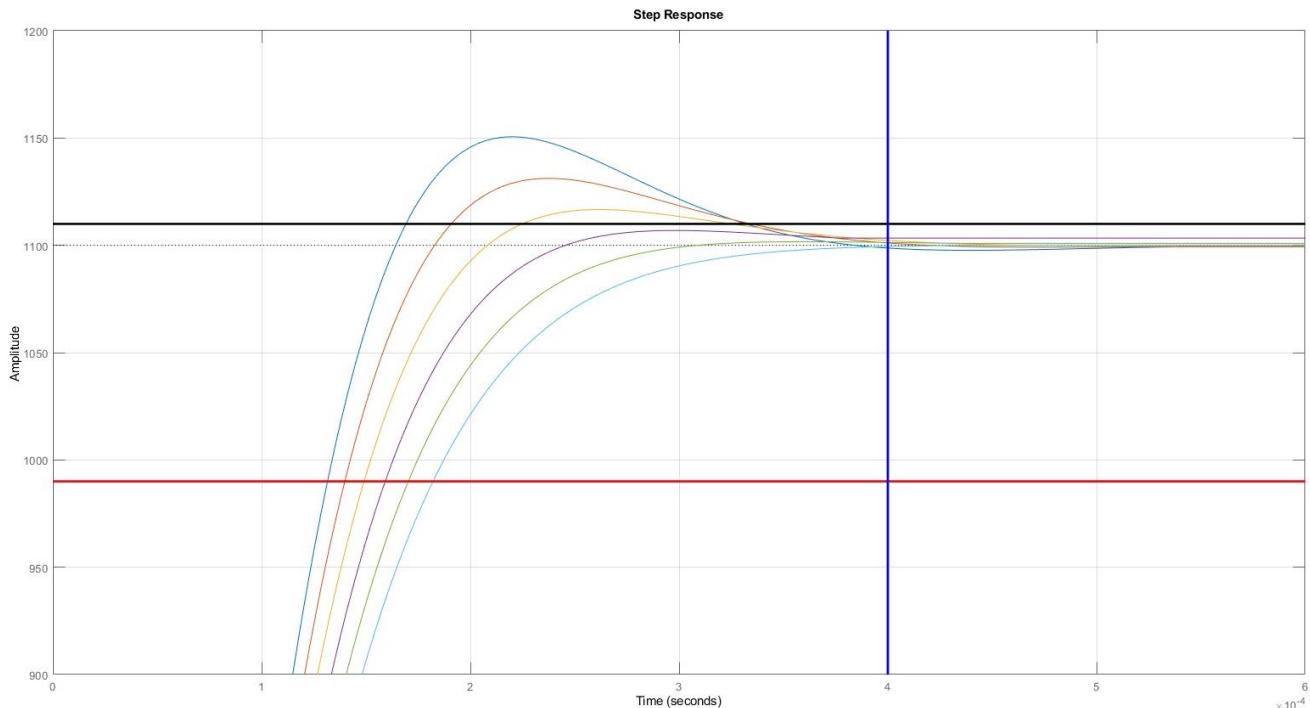


Abbildung 12: Simulationdiagramm zur minimalen Dämpfung

Die  $D_{min}$  -Werte wurden mit  $D_{min} = 0,7$  begonnen und bis zum Erreichen von  $D_{min} = 1$  weitergeführt, mit einer Wertedifferenz von 0,05 zwischen jedem einzelnen  $D_{min}$  -Wert. Wie aus dem obigen Diagramm ersichtlich ist, lag der optimale Mindestdämpfungswert zwischen 0,8 und 0,85, da das obere Toleranzband unterhalb der 0,8-Linie (gelbe Kurve) und oberhalb der 0,85-Linie (lila Kurve) lag. Die gleiche exakte Simulation mit einer viel höheren Genauigkeit zwischen diesen beiden Werten wurde dann durchgeführt, und die minimal mögliche Dämpfungskonstante wurde mit 0,832 ermittelt.

Als nächstes wurde derselbe Prozess wiederholt, aber diesmal wurde der minimale Dämpfungswert konstant bei 0,832 gehalten, während der maximale Wert der Zeitkonstante zwischen den Werten 0,00005 und 0,00015 mit einer Differenz von 0,00001 zwischen den verschiedenen Zeitkonstanten geändert wurde. Das Simulationsdiagramm sieht wie folgt aus:

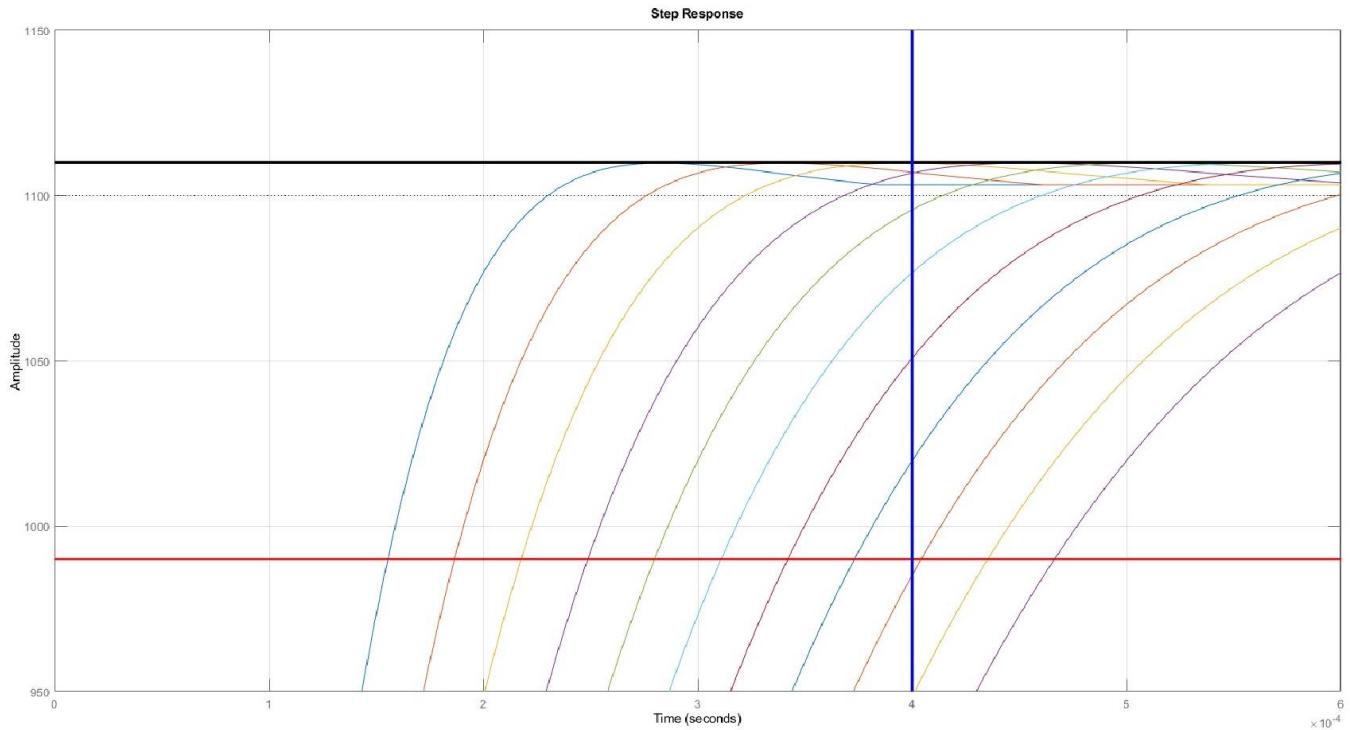


Abbildung 13: Simulationsdiagramm der minimalen Dämpfung mit der Änderung des maximalen Zeitwerts

Wie aus der obigen Simulation ersichtlich ist, beginnt der Graph die Gütekriterien nicht zu erfüllen, wenn die  $T_{an}$ -Linie (dunkelblaue Linie) zwischen den Werten  $T_{max} = 0,00012$  Sekunden und  $T_{max} = 0,00013$  Sekunden überschritten wird. Daher wurde die gleiche exakte Simulation noch einmal mit viel höherer Genauigkeit zwischen den Werten  $T_{max} = 0,00012$  Sekunden und  $T_{max} = 0,00013$  Sekunden durchgeführt, und somit wurde die maximal mögliche Zeitkonstante als  $T_{max} = 0,000128$  Sekunden gefunden.

## 4.2 Untersuchung, ob eine Modellreduktion notwendig oder möglich ist

Die Gesamte Übertragungsfunktion:

$$\frac{U_r(s)}{U_y(s)} = F(s) = \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE2}}{(1 + T_{MF} \cdot s)(1 + T_L \cdot s)(1 + T_{LE} \cdot s)} \rightarrow PT3$$

$$T_{LE} = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{MF} = 1 \cdot 10^{-4}$$

$$T_L = 1 \cdot 10^{-2}$$

- Weil die Vernachlässigung des niedrigwertigen Werts des geringsten Auswirkung auf das Gesamtverhalten des Systems hat, wird die Zeitkonstante  $T_{LE}$  vernachlässigt.
- Neue Übertragungsfunktion des ORORK

$$\frac{U_r(s)}{U_y(s)} = F(s) = \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE2}}{(1 + T_{MF} \cdot s)(1 + T_L \cdot s)} \rightarrow PT2$$

Vergleichung von PT3, PT2, PT1 und P0 in Matlab;

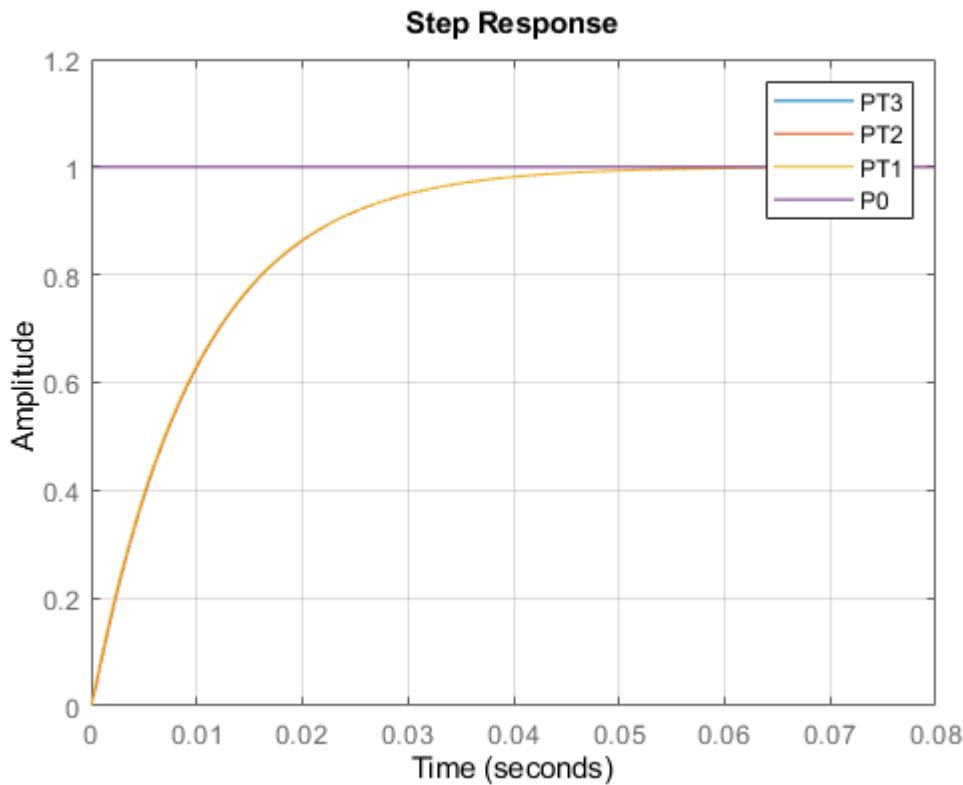


Abbildung 14: Simulationsdiagramm zur Vergleichung von PT3, PT2, PT1 und P0 in Matlab

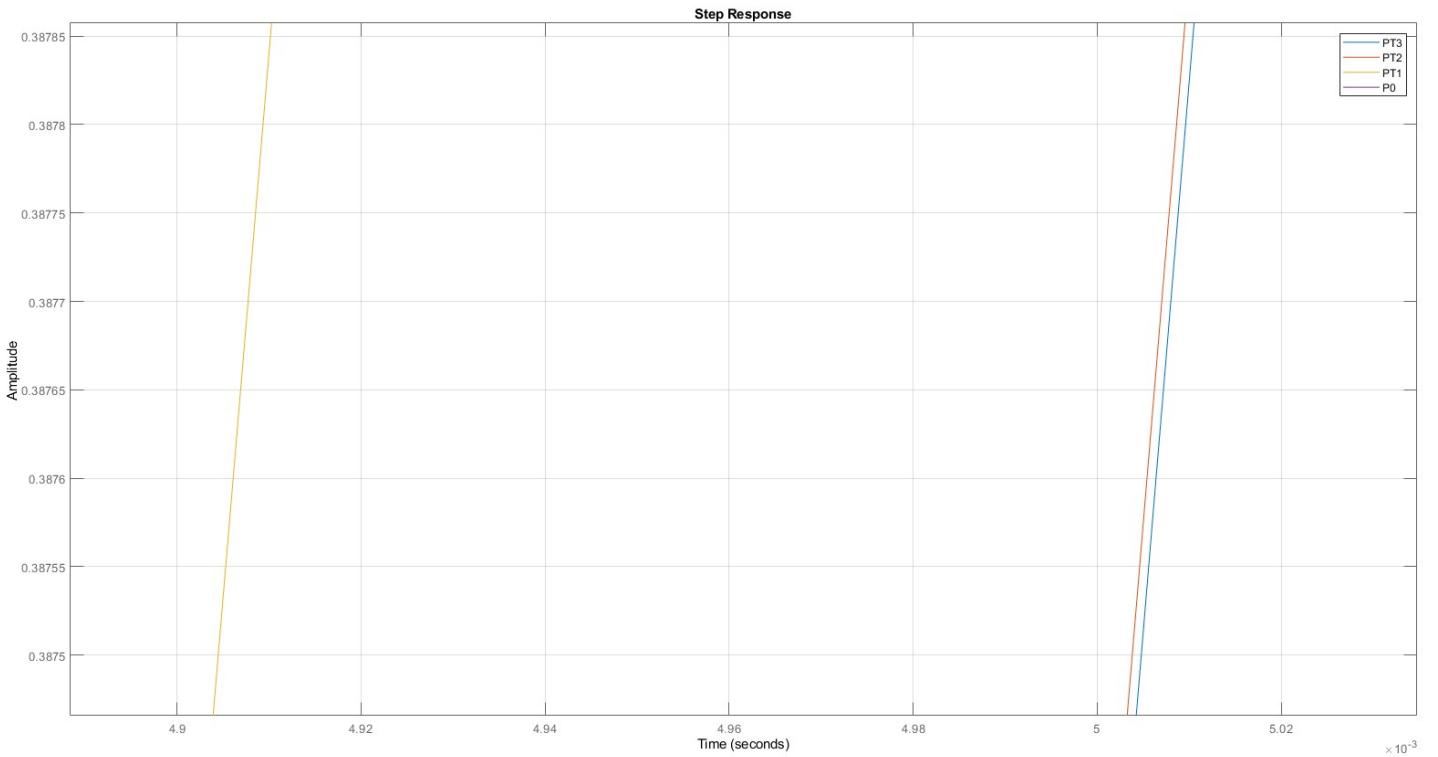


Abbildung 15: Vergrößert darstellung zum Vergleich zwischen PT3 und PT2

Beim Heranzoomen ist zu erkennen, dass die Linien PT3 und PT2 sehr nahe beieinander liegen, was bedeutet, dass die Zeitkonstante  $T_{LE}$  einen äußerst geringen Einfluss auf die Sprungantwort hat. Daher kann man mit Sicherheit sagen, dass die Anwendung einer Modellreduktion durchaus möglich ist.

## **4.3 Auswahl von Mindestens zwei Reglerentwurfsmethoden und Vergleich der Ergebnisse**

Optimale Reglereinstellung: 1. Betragsoptimum

2. Symmetrisches Optimum

### **4.3.1 Begründung der Wahl des Reglerentwurfsverfahrens 1**

1. Betragsoptimum: Dies ist eine Methode des Reglerentwurfs, die sich auf die Optimierung der Größe oder Verstärkung der Systemantwort konzentriert. Ziel ist es, den Regler so zu entwerfen, dass die Verstärkungsantwort des Systems bestimmte Anforderungen oder Kriterien erfüllt

Begründungen

- Stabilität: Die Größenreaktion eines Systems kann seine Stabilität erheblich beeinflussen. Mit der Betragsoptimum Methode kann sichergestellt werden, dass die Verstärkungsreaktion des Systems innerhalb akzeptabler Grenzen bleibt, wodurch die Stabilität verbessert und Instabilitätsprobleme vermieden werden.
- Empfindlichkeit gegenüber Störungen: Die Entwurfsmethode "Betragsoptimum" ermöglicht die Kontrolle und Minimierung der Empfindlichkeit des Systems gegenüber solchen Störungen. Durch die Optimierung der Verstärkungsreaktion kann das System die gewünschte Leistung auch dann beibehalten, wenn externe Faktoren vorhanden sind, die die Verstärkung beeinflussen.

### 4.3.2 Bildung des Reglerentwurfsmodells

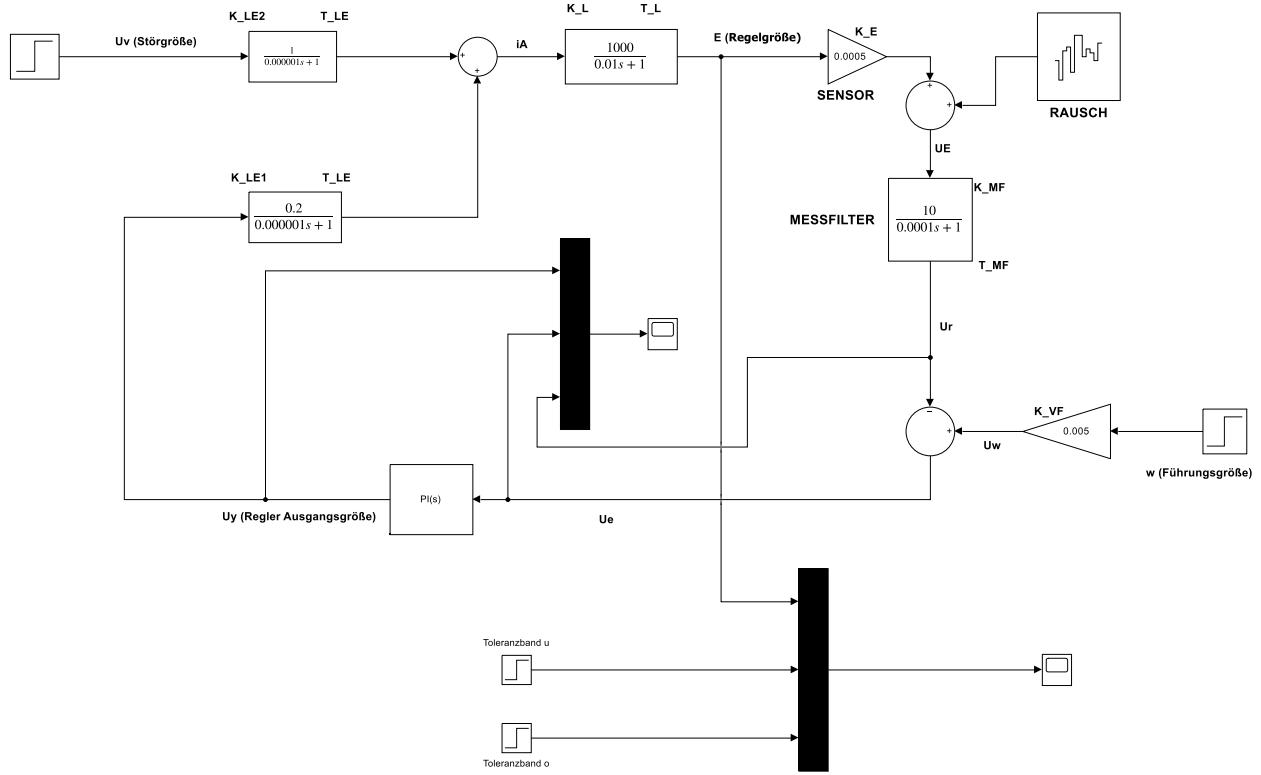


Abbildung 16: Simulink-Modell zur Betragsoptimum Methode Mit Rausch

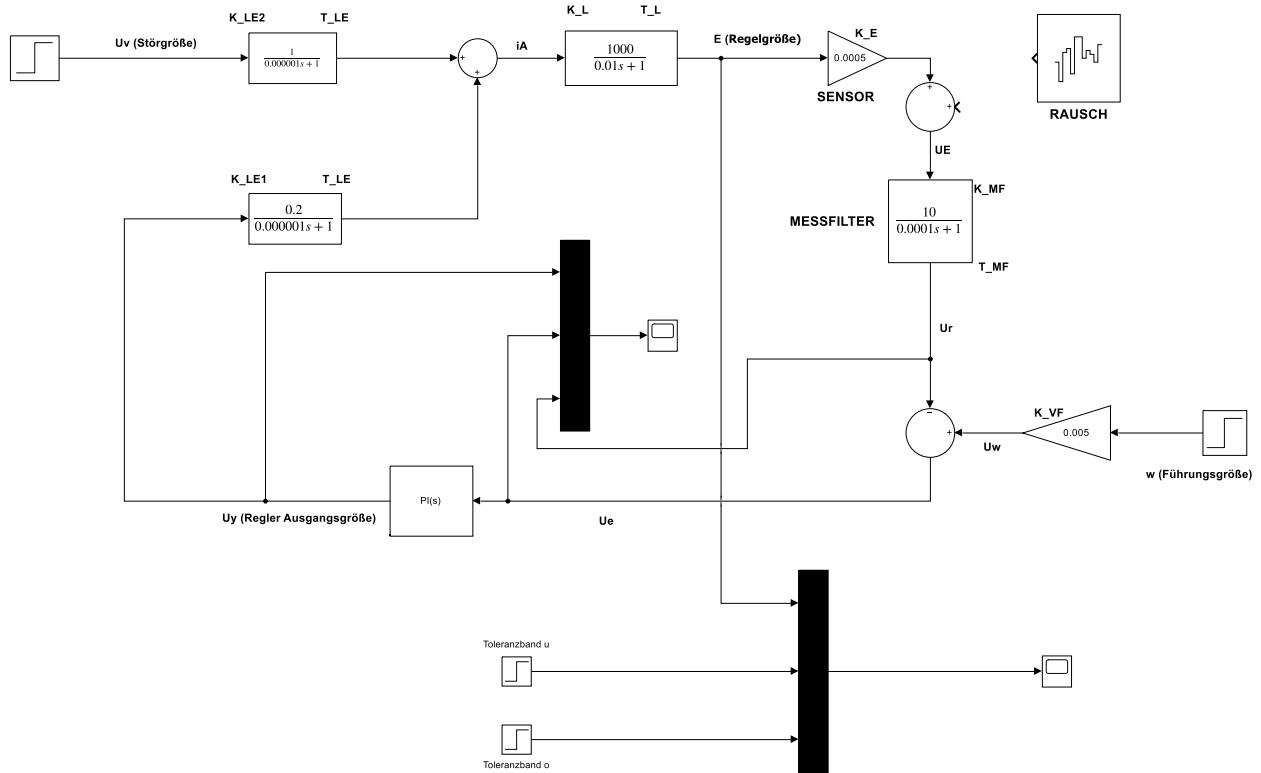


Abbildung 17: Simulink-Modell zur Betragsoptimum Methode Ohne Rausch

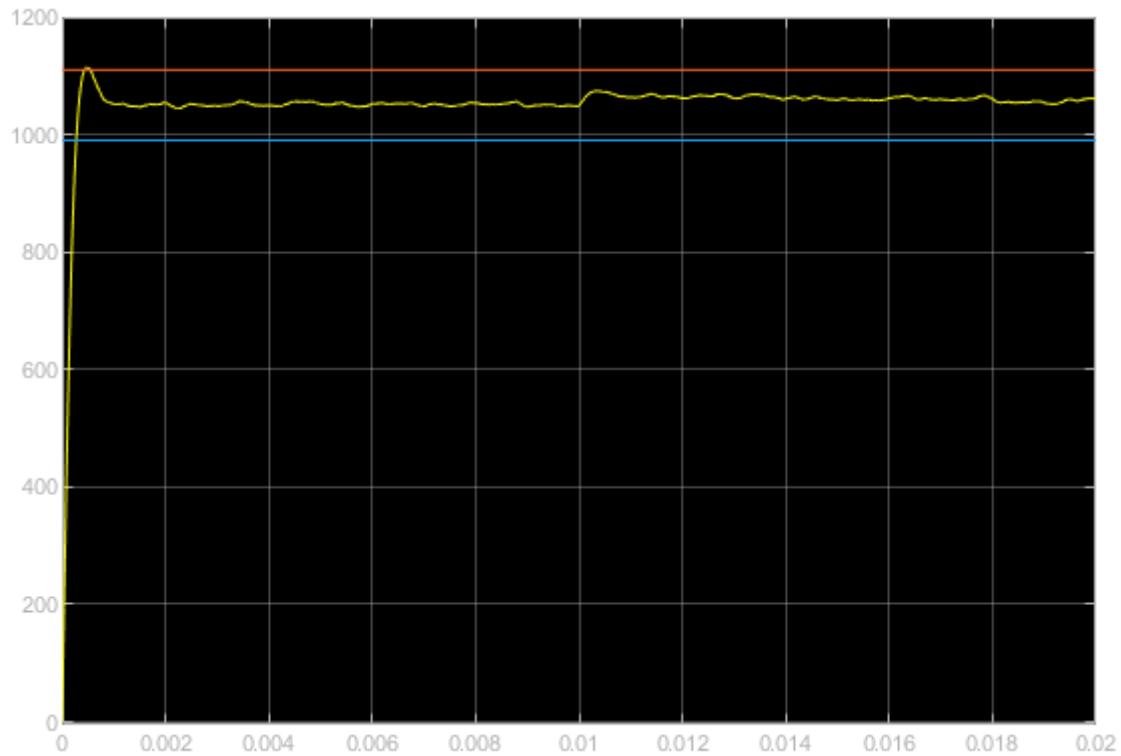


Abbildung 18: Simulink-Scope-Diagramm (PI-Regler) mit Rauschen für die Betragsoptimum-Methode

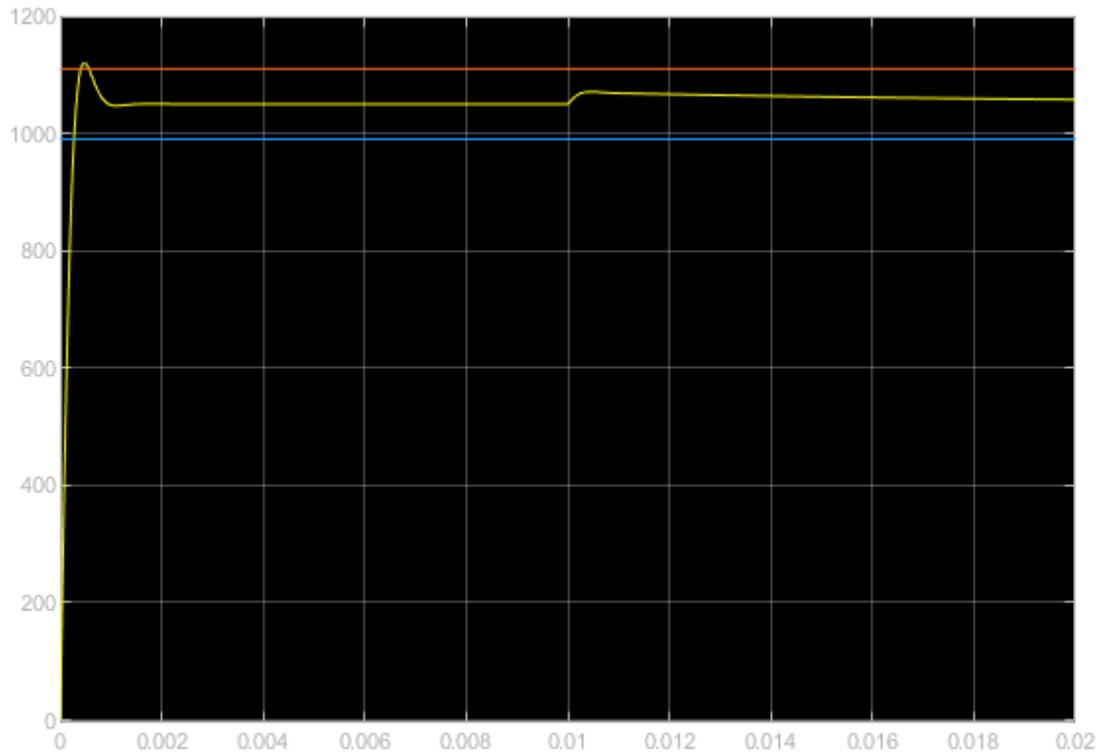


Abbildung 19: Simulink-Scope-Diagramm (PI-Regler) ohne Rauschen für die Betragsoptimum-Meth

### 4.3.3 Berechnung der Reglerparameter nach dem Verfahren 1

Betragsoptimum – mit PI Regler

Zeitkonstanten

$$T_L = 0,01$$

$$T_{MF} = 1 \cdot 10^{-4} s$$

$$T_{LE} = 1 \cdot 10^{-6} s$$

Die Übertragungsfunktion des Offenen Regelkreises lautet:

$$\begin{aligned} F(s) &= \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot (K_{PR} + K_{PR} \cdot s \cdot T_n)}{(1 + T_{MF} \cdot s)(1 + T_L \cdot s)(1 + T_{LE} \cdot s)(T_N \cdot s)} \\ &= \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot K_{PR} \cdot (1 + T_N \cdot s)}{(1 + T_{MF} \cdot s)(1 + T_L \cdot s)(1 + T_{LE} \cdot s)(T_N \cdot s)} \end{aligned}$$

$$T_N = ? , K_{PR} = ?$$

→ Die größte Zeitkonstante der Regelstrecke wurde mit der Zeitkonstante des Reglers kompensiert:

$$1 + T_N \cdot s = 1 + T_L \cdot s \rightarrow \therefore T_N = T_L = 0,01$$

$$F(s) = \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot K_{PR}}{s \cdot T_N \cdot (1 + T_{MF} \cdot s)(1 + T_{LE} \cdot s)}, \quad T_{MF} = 1 \cdot 10^{-4} s, \quad T_{LE} = 1 \cdot 10^{-6} s$$

→ Weil  $T_{MF}$  viel größer als  $T_{LE}$  ist, wurden die beiden restlichen Zeitkonstanten durch eine Zeitkonstante  $T_E$  ersetzt.  $T_E = T_{MF} + T_{LE} = 1,01 \cdot 10^{-4} s$

$$\begin{aligned} F(s) &= \frac{K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot K_{PR}}{s \cdot T_N \cdot (1 + T_E \cdot s)} \\ \rightarrow K_{PR} &= \frac{T_N}{2 \cdot K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot T_E} = \frac{0,01 s}{2 \cdot 10 \frac{V}{A} \cdot (0,5 \cdot 10^{-3} \frac{V}{lx}) \cdot 1000 \frac{lx}{A} \cdot 0,2 \frac{A}{V} \cdot (1,01 \cdot 10^{-4} s)} \\ &= 49,5 \end{aligned}$$

Proportionale Verstärkung ( $P$ ) = 49,5

Integrale Verstärkung ( $I$ ) =  $\frac{1}{T_N} = 100$

#### **4.3.4 Begründung der Wahl des Reglerentwurfsverfahrens 2**

Symmetrisches Optimum: Hierbei handelt es sich um eine Reglerentwurfsmethode, bei der es darum geht, ein symmetrisches oder ausgeglichenes Verhalten hinsichtlich Überschwingen und Einschwingzeit zu erreichen. Ziel ist es, den Regler so zu gestalten, dass das Verhalten des Systems während des Einschwingvorgangs symmetrisch ist.

Begründung:

Reduzierte Überschwingen: Unter Überschwingen versteht man den vorübergehenden Anstieg der Reaktion über den gewünschten Wert hinaus, bevor sie sich wieder eingependelt. Die Methode „Symmetrisches Optimum“ wurde speziell ausgewählt, weil sie, wie in unserem System, das strenge Leistungsanforderungen hat, zur Minimierung von Überschwingen beitragen kann.

#### 4.3.5 Bildung des Reglerentwurfsmodells 2

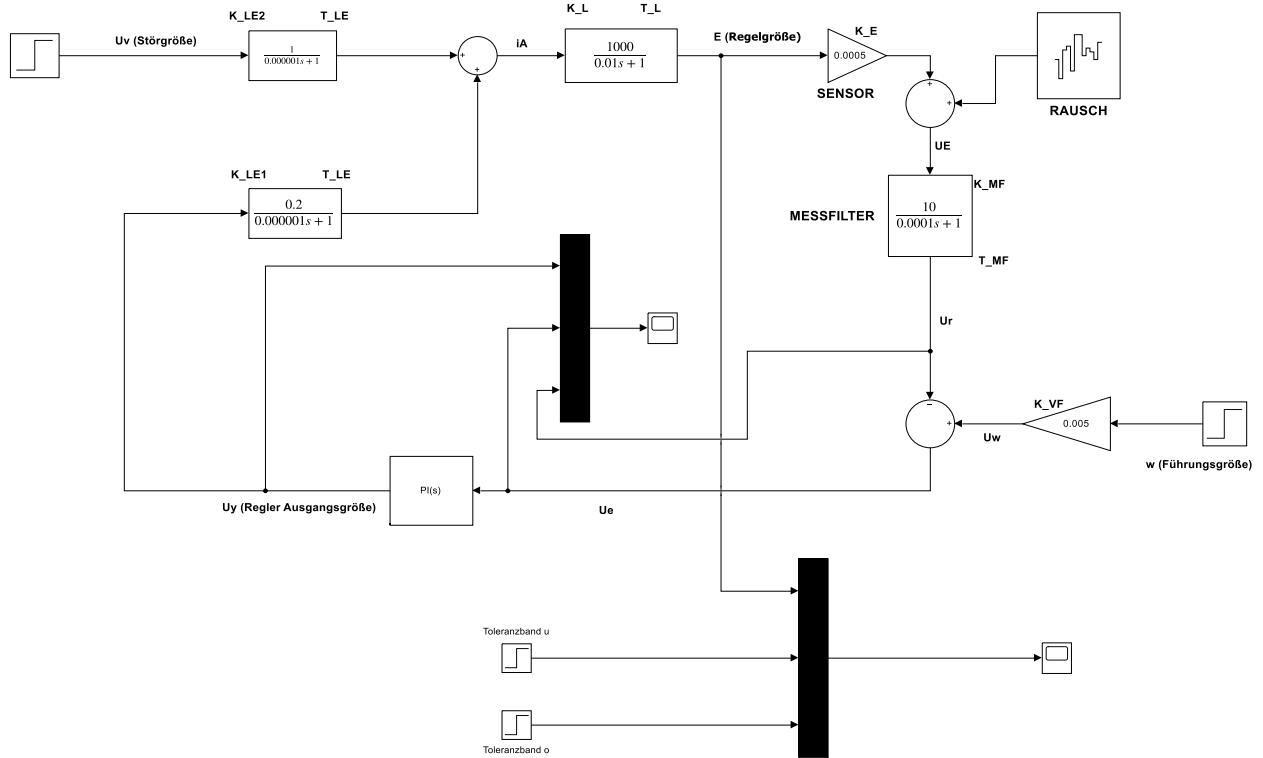


Abbildung 20: Simulink model zur Symmetrisches Optimum Methode Mit Rausch

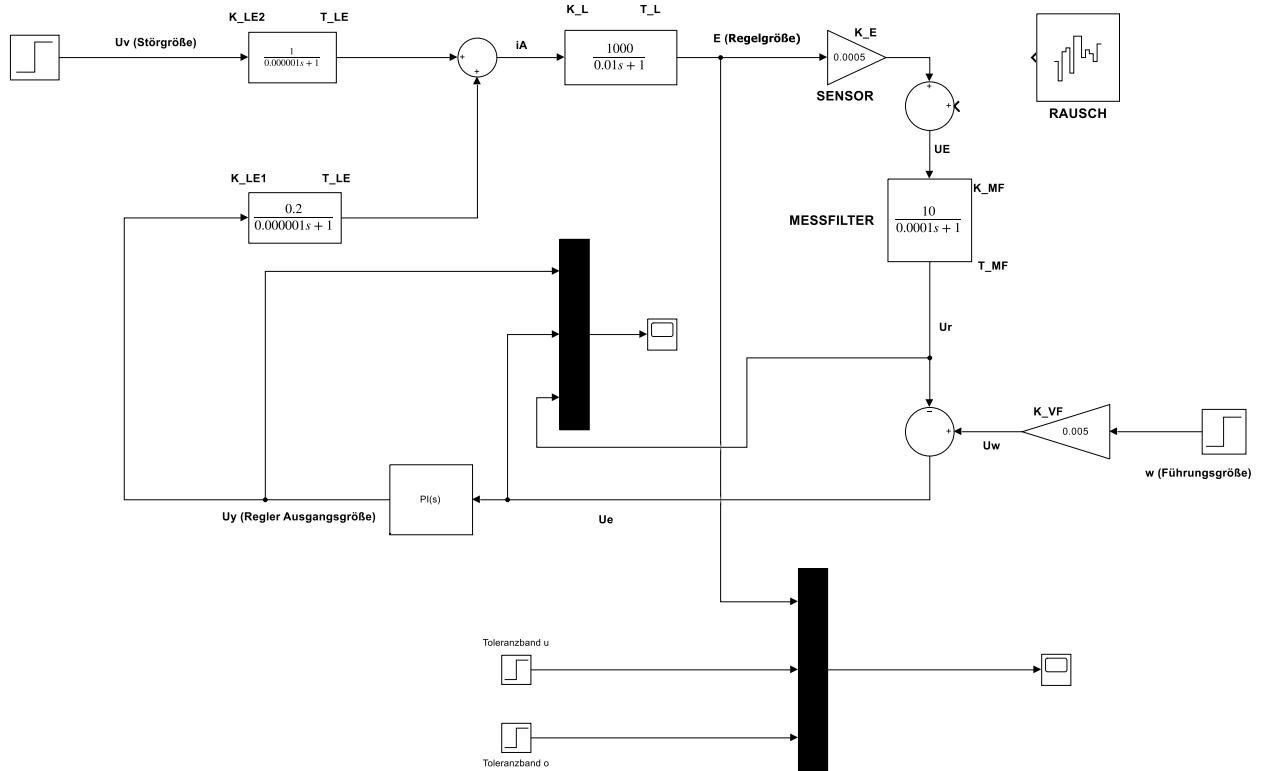


Abbildung 21: Simulink model zur Symmetrisches Optimum Methode Ohne Rausch

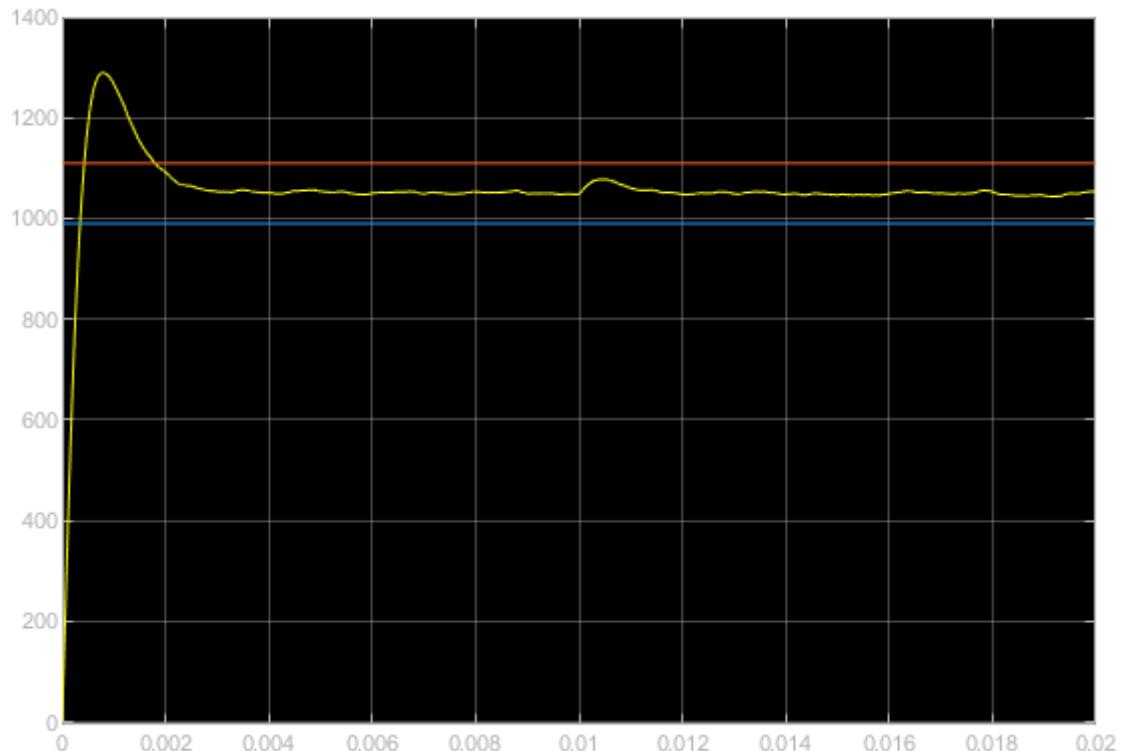


Abbildung 22: Simulink-Scope-Diagramm (PI-Regler) mit Rauschen zur Symmetrisches Optimum

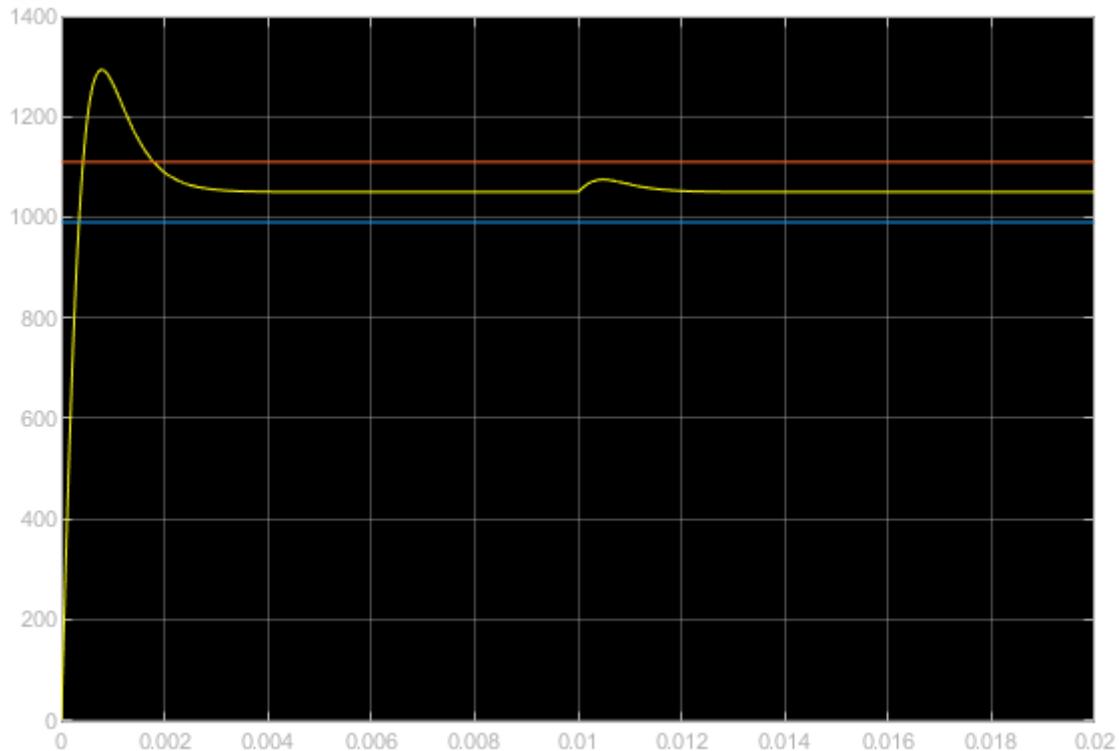


Abbildung 23: Simulink-Scope-Diagramm (PI-Regler) ohne Rauschen zur Symmetrisches Optimum

#### 4.3.6 Berechnung der Reglerparameter nach dem Verfahren 2

$$T_L = 0,01$$

$$T_{MF} = 1 \cdot 10^{-4} s$$

$$T_{LE} = 1 \cdot 10^{-6} s$$

Die Addition von 2 der Kleinsten Zeitkonstanten ergibt:

$$T_E = T_{MF} + T_{LE} = 1,01 \cdot 10^{-4} s$$

Weil die Zeitkonstante  $T_L$  viel größer als  $T_E$  ist, kann es versucht werden, die Parameter mit der symmetrischen Optimalmethode zu berechnen

$$T_L \gg a^2 \cdot T_E$$

Auswahl von "a" in einer Weise, dass die obige Gleichung gültig ist.

$$a = 3$$

$$K_{PR} = \frac{T_L}{a \cdot K_{MF} \cdot K_E \cdot K_L \cdot K_{LE1} \cdot T_E} = \frac{0,01 s}{3 \cdot 10 \frac{V}{A} \cdot \left(0,5 \cdot 10^{-3} \frac{V}{lx}\right) \cdot 1000 \frac{lx}{A} \cdot 0,2 \frac{A}{V} \cdot (1,01 \cdot 10^{-4} s)}$$

$$= 33$$

$$T_N = a^2 \cdot T_E = 9 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} s = 9,09 \cdot 10^{-4} s$$

$$P = K_{PR} = 33,01$$

$$I = \frac{1}{T_N} = 1100$$

## 5. Feintuning der Reglerparameter mit dem nichtlinearen Simulationsmodell und Bewertung des Reglerverhaltens

Beide Reglerentwurfsverhaltensdiagramme sind unten angegeben:

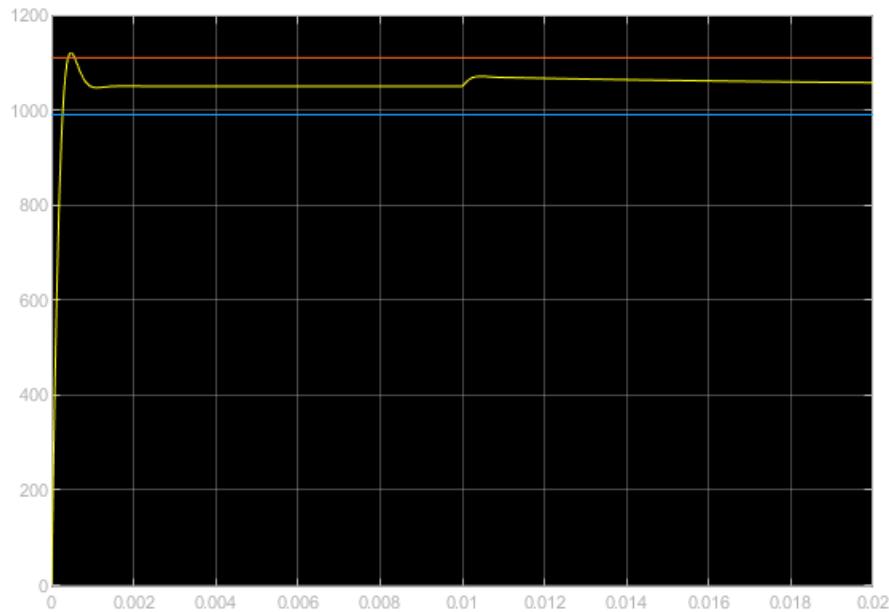


Abbildung 24: PI Regler mit Betragsoptimum Methode

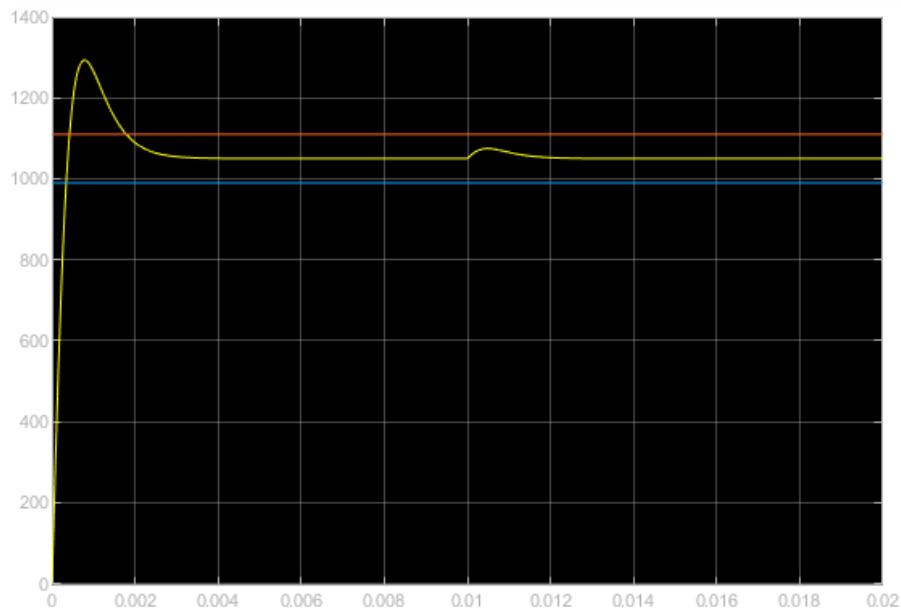


Abbildung 25: PI regler mit Symmetrisches Optimum Methode

## 5.1 Plausibilisierung der Simulationsergebnisse – Betragsoptimum Verfahren

Die Gütekriterien waren wie folgt:

- $T_{an} < 0,4 \text{ ms}$
- $T_{aus} < 1,9 \text{ ms}$
- $x_{\ddot{u},max} < 10 \text{ lx}$
- $x_\infty = 0 \text{ lx}$
- $\delta E = \pm 10 \text{ lx}$
- $A_{Pu} = 1000 \text{ lx}$
- $A_{Po} = 1100 \text{ lx}$
- $u_{y,min} = 0 \text{ V}$
- $u_{y,max} = 10 \text{ V}$

Bei der Betrachtung der Simulationsergebnisse und der Diagramme ist zu erkennen, dass bei der Verwendung der betragsoptimalen Parameter des PI-Reglers alles nahezu perfekt zu den Gütekriterien passt, mit Ausnahme des Wertes für die maximale Schwingung ( $x_{\ddot{u},max}$ ), der etwa 60 lx über den Kriterien liegt. Die Ursache hierfür ist der berechnete KP-Wert, der eine bessere und schnellere Endstabilisierung des Graphen ermöglicht.

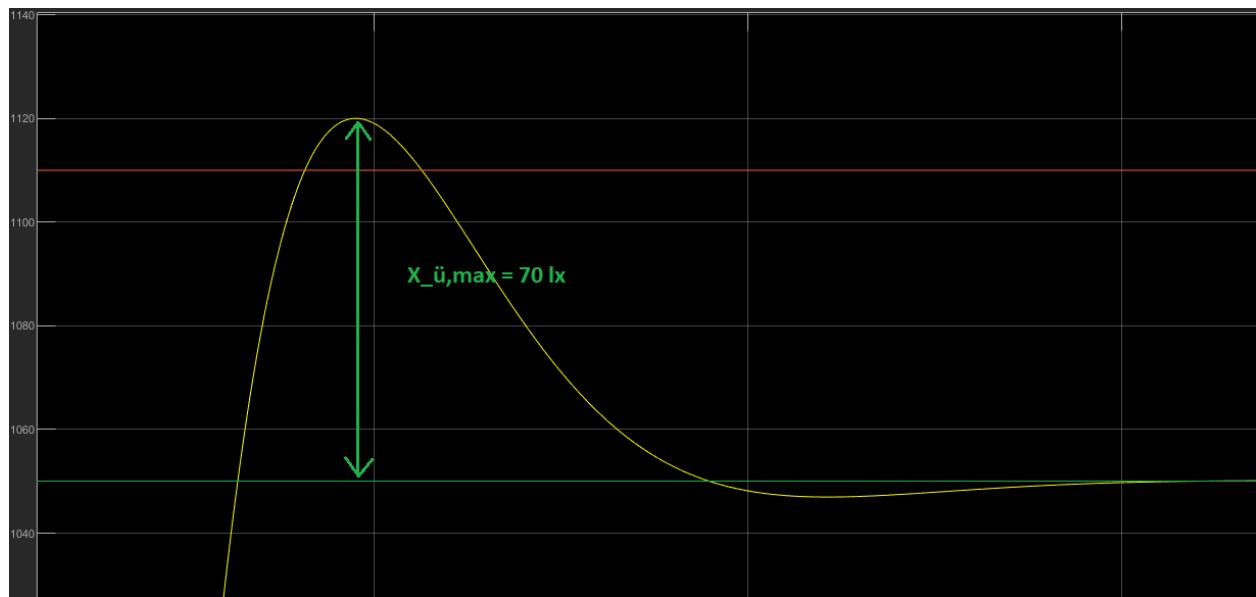


Abbildung 26: Diagramm zur Betrachtung der Simulationsergebnisse zur Betragsoptimum-Methode

## 5.2 Plausibilisierung der Simulationsergebnisse – Symmetrisches Optimum Verfahren

Die Gütekriterien waren wie folgt:

- $T_{an} < 0,4 \text{ ms}$
- $T_{aus} < 1,9 \text{ ms}$
- $x_{\ddot{u},max} < 10 \text{ lx}$
- $x_{\infty} = 0 \text{ lx}$
- $\delta E = \pm 10 \text{ lx}$
- $A_{Pu} = 1000 \text{ lx}$
- $A_{Po} = 1100 \text{ lx}$
- $u_{y,min} = 0 \text{ V}$
- $u_{y,max} = 10 \text{ V}$

Es ist zu erkennen, dass bei Verwendung des PI-Reglers mit Parametern nach der zweiten Berechnungsmethode (Symmetrisches Optimum) die Ergebnisse in etwa der ersten Methode entsprechen. Es ist zu erkennen, dass die Stabilität des Graphen sogar noch besser ist, wenn sich die Zeit der Marke  $t = 0,02$  Sekunden nähert. Leider hat der große Integralgewinn auch eine Kehrseite: eine größere maximale Schwingung. In diesem Fall war sie viel höher als im ersten Fall, was als inakzeptabel angesehen werden kann.



Abbildung 27: Diagramm zur Betrachtung der Simulationsergebnisse zur Symmetrisches Optimum-Method

### 5.3 Begründung der Reglerwahl und offene Punkte

In diesem Experiment wurde versucht, die bestmöglichen Reglerparameter für einen PI-Regler in unserem PT3-System zu berechnen und für zwei verschiedene Parameterberechnungsmethoden zu simulieren. Für diesen speziellen Fall hat das Betragsoptimum verfahren besser funktioniert als das Symmetrische Optimum verfahren. Der Grund dafür kann sein, dass eine  $PT_N$  - Strecke mit einer sehr großen und dominierenden Zeitkonstante dazu führt, dass sich das Steuerelement in erster Näherung wie ein Integralglied verhält. In unserem Fall war die größte Zeitkonstante nur 100-mal größer als die Summe der beiden anderen Zeitkonstanten und nicht zehntausendmal größer, was dazu geführt haben könnte, dass unser System die Bedingung nicht wirklich vollständig erfüllen konnte:  $T_L \gg a^2 \cdot T_E$ , die für eine symmetrische optimale Berechnung mit einer  $PT_N$  - Strecke notwendig ist. Daher ist es sinnvoller, die Parameter zu verwenden, die mit dem Betragsoptimum verfahren werden, da sie besser funktionieren.

Eine weitere Berechnung mit einem PID-Regler wurde nicht als notwendig erachtet, da die Sprungantwortkurve die Kriterien  $T_{an}$  und  $T_{aus}$  recht gut erfüllt und ein D-Anteil nicht viel zu unserem Regelfall beitragen konnte, hinzu kommen die wirtschaftlichen Gründe. Schließlich können die Reglerparameter, die mit Betragsoptimum verfahren werden, auch manuell in der Simulation leicht angepasst werden, um mit Trial-and-Error-Methode einen noch besseren Reglerparameter zu erreichen, der den Gütekriterien noch besser entspricht.

## 6. Anhang

### 6.1 Matlab Code

#### Systemanalyse:

2.4 Code zur Polnullstellen

```
Kmf= 10;
Tmf= 1e-4;
Ke=0.5;
Kl=1000;
Kle1=0.2;
Kle2=1;
Tl=0.01;
Tel=1e-6;
F1=tf ([Kle1] , [Tel 1]);
F2=tf ([Kle2] , [Tel 1]);
F3=tf ([Kl] , [Tl 1]);
F4=tf ([Ke] , [0 1]);
F5=tf ([Kmf] , [Tmf 1]);
F6= F1*F3*F4*F5;
F7= F2*F3*F4*F5;
pzmap(F7)
grid on
```

#### Reglerparameterberechnung:

4.1 Festlegung der minimalen Dämpfung und der maximalen Zeitkonstante eines beispielhaften PT2-Verhaltens

```
clear all
```

```
close all
```

```
% Minimale Dämpfung und maximale Zeitkonstante für einen
```

```
% beispielhaftes PT2-Verhalten
```

```
% Dateneingabe
```

```
Apo = 1100
```

```
Apu = 1000
```

```
tol=10
```

```
Kp = (Apo+Apu)/2
```

```
%Kp ist die Führungsgröße, Daher wurde es als sinnvoll erachtet,
```

```
% ihn als Mittelpunkt des oberen und unteren Arbeitspunktes zu nehmen.
```

```
xuemax=10
```

```
Tan = 0.0004
```

```
Taus = 0.0019
```

```
T_stop=0.002
```

```
T_max=0.00005
```

```
%FPT2=tf(Kp,[T_max^2 2*D_min*T_max 1])
```

```
figure(1)
```

```
hold on
```

```
plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo-tol],'r', 'LineWidth', 2) %oberes Toleranzband, rot
```

```

plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 2) %unteres Toleranzband,rot
plot([0 T_stop],[Kp Kp],'g', 'LineWidth', 2) %Kp (Führungsgröße), grün
plot([0 T_stop],[Kp+xuemax Kp+xuemax],'k', 'LineWidth', 2) %maximale überschwingung, schwarz
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2) %Linie: Tan, blau
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2) %Linie: Taus, blau
axis([0 T_stop 950 1150])
grid

% Wie man von figure(1) sehen kann, schränkt der xuemax-Wert das obere Toleranzband stark ein.
% Die xuemax-Linie bestimmt derzeit, wie niedrig der Dämpfungswert werden kann.
% Um den Dämpfungswert zu minimieren und die maximale Zeitkonstante zu maximieren,
% muss man daher den Kp-Wert so weit erhöhen, dass sich die Xuemax-Linie und die
% obere Toleranzlinie überschneiden. Neuer Wert:
Kp2=Apo+tol-xuemax

%Jetzt kann man mit der aktualisierter Werte weiter analysieren:
figure(2)
hold on
D_min=[0.7:0.05:1];
for n=1:length(D_min)
    step(tf(Kp2,[T_max^2 2*D_min(n)*T_max 1]))
end

plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Kp2+xuemax Kp2+xuemax],'k', 'LineWidth', 2)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
axis([0 0.0006 900 1200])
grid

% Wie aus dem Diagramm von figure(2) ersichtlich ist, ist der optimale
% Mindestdämpfungswert größer als 0,8 und kleiner als 0,85, wobei er
% drastisch näher an der 0,85-Marke liegt. Daher wurde eine weitere,
% genauere Simulation (Abbildung 3) durchgeführt, um den bestmöglichen
% Wert für D_min zu finden.

figure(3)
hold on
D_min=[0.82:0.005:0.85];
for n=1:length(D_min)
    step(tf(Kp2,[T_max^2 2*D_min(n)*T_max 1]))
end

plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 2)

```

```

plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Kp2+xuemax Kp2+xuemax],'k', 'LineWidth', 2)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
axis([0.0002 0.0006 1100 1115])
grid
%D_min ist 0.832.Nun soll derselbe Vorgang wiederholt werden,
% aber diesmal zur Bestimmung der maximalen Zeitkonstante.
D_min=0.832
figure(4)
hold on
T_max2=[0.00005:0.00001:0.00015];
for n=1:length(T_max2)
    step(tf(Kp2,[T_max2(n)^2 2*D_min*T_max2(n) 1]))
end
plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Kp2+xuemax Kp2+xuemax],'k', 'LineWidth', 2)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
axis([0 0.0006 950 1150])
grid
%Wie aus Abbildung (4) ersichtlich ist, liegt der maximale Wert der
% Zeitkonstante zwischen 0,00012 und 0,00013 Sekunden, wobei er drastisch
% näher bei 0,00013 liegt. Eine weitere und genauere Simulation
%(Abbildung 5) wurde durchgeführt, um den Wert genauer zu bestimmen.
figure(5)
hold on
T_max2=[0.00012:0.000001:0.00013];
for n=1:length(T_max2)
    step(tf(Kp2,[T_max2(n)^2 2*D_min*T_max2(n) 1]))
end
plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 2)
plot([0 T_stop],[Kp2+xuemax Kp2+xuemax],'k', 'LineWidth', 2)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 2)
axis([0.00035 0.00043 985 995])
grid

```

```

%Von figure(5), man kann sehen, dass T_max 0.000128 ist. Mit den
% Endergebnissen wurde eine abschließende Simulation durchgeführt,
% um zu zeigen, wie die Grafik mit den ermittelten Werten aussieht:
D_min=0.832
T_max2=0.000128
Kp2=Apo+tol-xuemax
FPT2=tf(Kp2,[T_max2^2 2*D_min*T_max2 1]);
figure(6)
hold on
step(FPT2)
plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 1)
plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 1)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 1)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 1)
axis([0 T_stop 900 1200])
grid
%Das einzige Problem dabei ist, dass der y-Wert niemals Kp2 erreicht,
% wenn die Zeit ins Unendliche geht. Dies ist auf die numerischen Grenzen
% der Simulation zurückzuführen. Da die Simulation über ein endliches
% Zeitintervall durchgeführt wird, ist es nicht möglich, Kp2 im
% Unendlichen genau zu erreichen. Was man tun kann, ist, die
% Simulationsdauer auf einen sehr großen Wert einzustellen,
% wodurch sich die Systemreaktion dem gewünschten Wert stärker annähert:
% Increase the simulation duration
t = 0:0.000001:T_stop*10;
figure(7)
hold on
step(FPT2, t)
plot([0 T_stop],[Apo+tol Apo+tol],'r', 'LineWidth', 1)
plot([0 T_stop],[Apu-tol Apu-tol],'r', 'LineWidth', 1)
plot([Tan Tan],[0 2000],'b', 'LineWidth', 1)
plot([Taus Taus],[0 2000],'b', 'LineWidth', 1)
axis([0 T_stop 900 1200])
grid

```

4.2 Untersuchung, ob eine Modellreduktion notwendig oder möglich ist

```

clear all
close all

%Information zu K - Werte:
K_MF=10
K_E=0.0005
K_L=1000
K_LE1=0.2

%Information zu T - Werte:
T_LE=0.000001
T_MF=0.0001
T_L=0.01
%***%
F1=tf(K_E,[0 1]);
F2=tf(K_L,[T_L 1]);
F3=tf(K_MF,[T_MF 1]);
F4=tf(K_LE1,[T_LE 1]);
F2red=tf(K_L,[0 1]);
F3red=tf(K_MF,[0 1]);
F4red=tf(K_LE1,[0 1]);

% PT3, PT2, PT1 und P0 Modelle zusammen dargestellt:
figure(1)
hold on
step(F1*F2*F3*F4)%PT3
step(F1*F2*F3*F4red)%PT2 - kleinste Zeitkonstante T_LE ist vernachlässigt
step(F1*F2*F3red*F4red)%PT1 - T_LE und T_MF sind vernachlässigt
step(F1*F2red*F3red*F4red)%P0 - alle Zeitkonstante sind vernachlässigt
legend('PT3', 'PT2', 'PT1', 'P0')
axis([0 0.08 0 1.2])
grid

% Wenn man heranzoomt, kann man sehen, dass die Linien PT3 und PT2 extrem
% nahe beieinander liegen, was bedeutet, dass die Zeitkonstante T_LE einen
% extrem geringen Einfluss auf die Sprungantwort hat. Daher kann man mit
% Sicherheit sagen, dass die Anwendung einer Modellreduktion durchaus
% möglich ist.

Code zum Speichern von Simulink-Modellen im EMF-Format
"Name der Simulink-Datei"
fig = get_param(' "Name der Simulink-Datei" ','Handle');
saveas(fig, "Name der Simulink-Datei" .emf ');

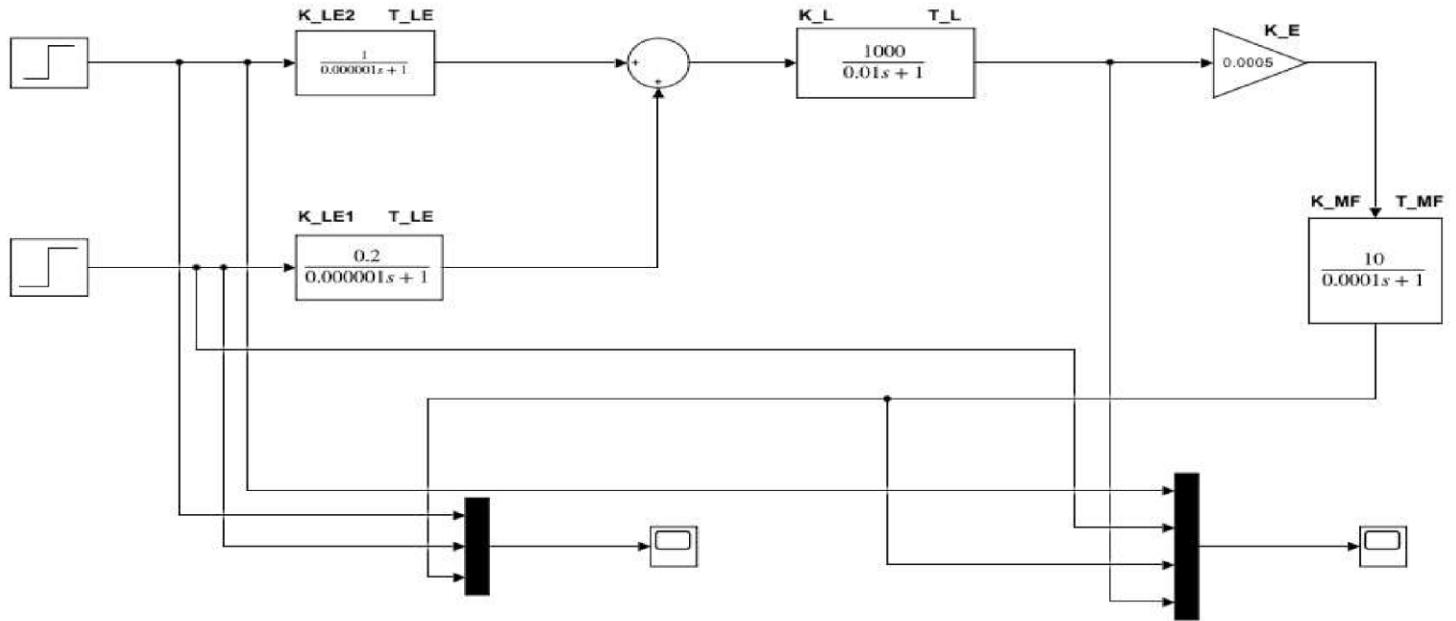
```

## 6.2 Simulinkmodell mit Beschreibung

Systemanalyse:

Simulink-Modell zur Simulation der Sprungantwortdiagramme:

### Sprungantworts\_V3



**mwa0000025071470**

01-Jul-2023 03:28:25

#### Table of Contents

[Model - Sprungantworts\\_V3](#)  
[System - Sprungantworts\\_V3](#)  
[Appendix](#)

#### List of Tables

1. [Gain Block Properties](#)
2. [Mux Block Properties](#)
3. [Step Block Properties](#)
4. [Sum Block Properties](#)
5. [TransferFcn Block Properties](#)
6. [Block Type Count](#)

### Model - Sprungantworts\_V3

#### Full Model Hierarchy

1. [Sprungantworts\\_V3](#)

Simulation Parameter	Value
Solver	VariableStepAuto
RelTol	1e-3
Refine	1
MaxOrder	5

Simulation Parameter	Value
ZeroCross	on

[\[more info\]](#)

## System - Sprungantworts\_V3

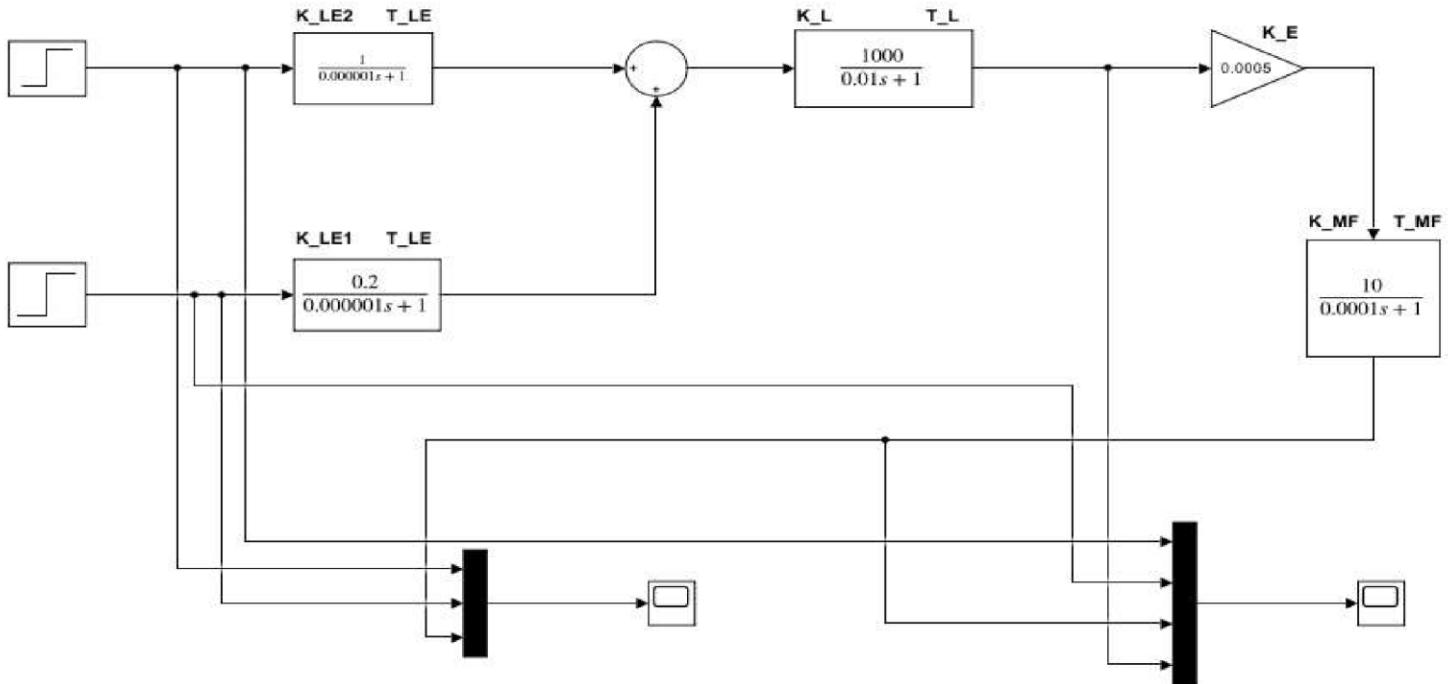


Table 1. Gain Block Properties

Name	Gain	Multiplication	Param Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Gain	0.0005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 2. Mux Block Properties

Name	Inputs	Display Option
Mux	3	bar
Mux1	4	bar

Table 3. Step Block Properties

Name	Time	Before	After	Out Data Type Str	Sample Time	Zero Cross
Step1	0.05	0	1	double	0	on
Step2	0.001	0	1	double	0	on

Table 4. Sum Block Properties

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Sum	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 5. TransferFcn Block Properties

Name	Numerator	Denominator	Parameter Tunability	Absolute Tolerance	Continuous State Attributes
Transfer Fcn6	[1]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn7	[0.2]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn8	[1000]	[0.01 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn9	[10]	[0.0001 1]	Auto	auto	"

## Appendix

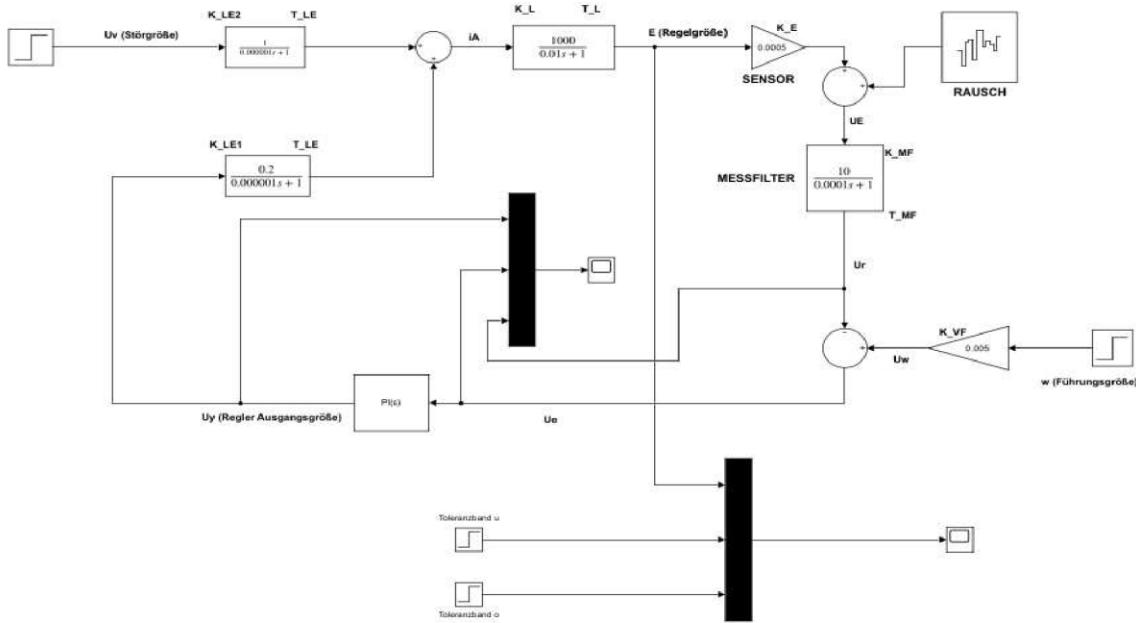
Table 6. Block Type Count

BlockType	Count	Block Names
TransferFcn	4	<a href="#">Transfer Fcn6</a> , <a href="#">Transfer Fcn7</a> , <a href="#">Transfer Fcn8</a> , <a href="#">Transfer Fcn9</a>
Step	2	<a href="#">Step1</a> , <a href="#">Step2</a>
Scope	2	Scope, Scope1
Mux	2	<a href="#">Mux</a> , <a href="#">Mux1</a>
Sum	1	<a href="#">Sum</a>
Gain	1	<a href="#">Gain</a>

Reglerparameterberechnung:

Simulink Reglerentwurfsmodells zur Betragsoptimum Methode mit und ohne Rausch

## Betragsoptimum\_MitRauscher



mwa0000025071470

01-Jul-2023 03:32:39

### Table of Contents

[Model - Betragsoptimum\\_MitRauscher](#)  
[System - Betragsoptimum\\_MitRauscher](#)  
[Appendix](#)

### List of Tables

1. [Band-Limited White Noise, Block Properties](#)
2. [Gain Block Properties](#)
3. [Mux Block Properties](#)
4. [PID 1dof Block Properties](#)
5. [Step Block Properties](#)
6. [Sum Block Properties](#)
7. [TransferFcn Block Properties](#)
8. [Block Type Count](#)
9. [Model Functions](#)

## Model - Betragsoptimum\_MitRauscher

### Full Model Hierarchy

1. [Betragsoptimum\\_MitRauscher](#)

Simulation Parameter	Value
Solver	ode4
RelTol	1e-3
Refine	1
MaxOrder	5
FixedStep	0.0000001
ZeroCross	on

[/more info/](#)

## System - Betragsoptimum\_MitRauscher

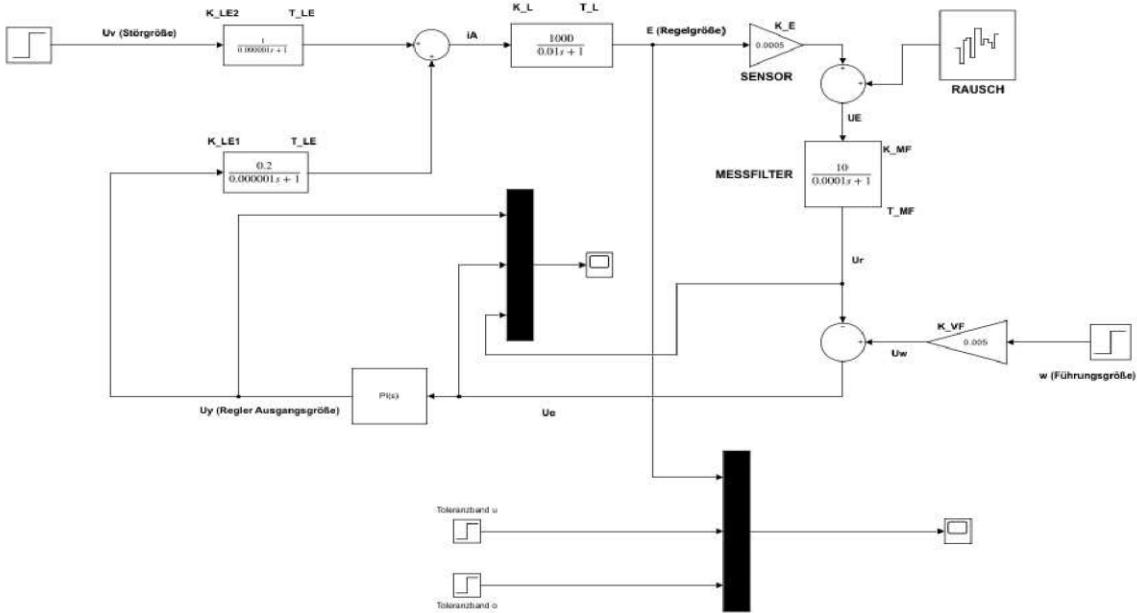


Table 1. Band-Limited White Noise. Block Properties

Name	Cov	Ts	Seed
Band-Limited White Noise1	[0.000000001]	0.0000001	[23341]

Table 2. Gain Block Properties

Name	Gain	Multiplication	Param Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Gain3	0.0005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Gain4	0.005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 3. Mux Block Properties

Name	Inputs	Display Option
Mux3	3	bar
Mux4	3	bar

Table 4. PID 1dof Block Properties

Name	Controller	Form	Time Domain	Controller Parameters Source	P	I	Use Ki Ts	Tuner Select Option	Zero Cross	Initial Condition Source	Initial Condition For Integrator	External Reset	Tracking Mode	Kt	Sat Limits Source	Linearize As Gain	Anti Windup Mode	Limit Integrator
PID Controller2	PI	Ideal	Continuous-time	internal	49.5	100	off	Transfer Function Based (PID Tuner App)	on	internal	0	none	off	1	internal	on	none	off

Table 5. Step Block Properties

Name	Time	Before	After	Out Data Type Str	Sample Time	Zero Cross
Step1	0	0	990	double	0	on
Step2	0.01	0	1	double	0	on
Step7	0	0	1050	double	0	on
Step8	0	0	1110	double	0	on

Table 6. Sum Block Properties

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Sum4	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum5	round	+-	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum6	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 7. TransferFcn Block Properties

Name	Numerator	Denominator	Parameter Tunability	Absolute Tolerance	Continuous State Attributes
Transfer Fcn1	[1]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn2	[0.2]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn3	[1000]	[0.01 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn4	[10]	[0.0001 1]	Auto	auto	"

## Appendix

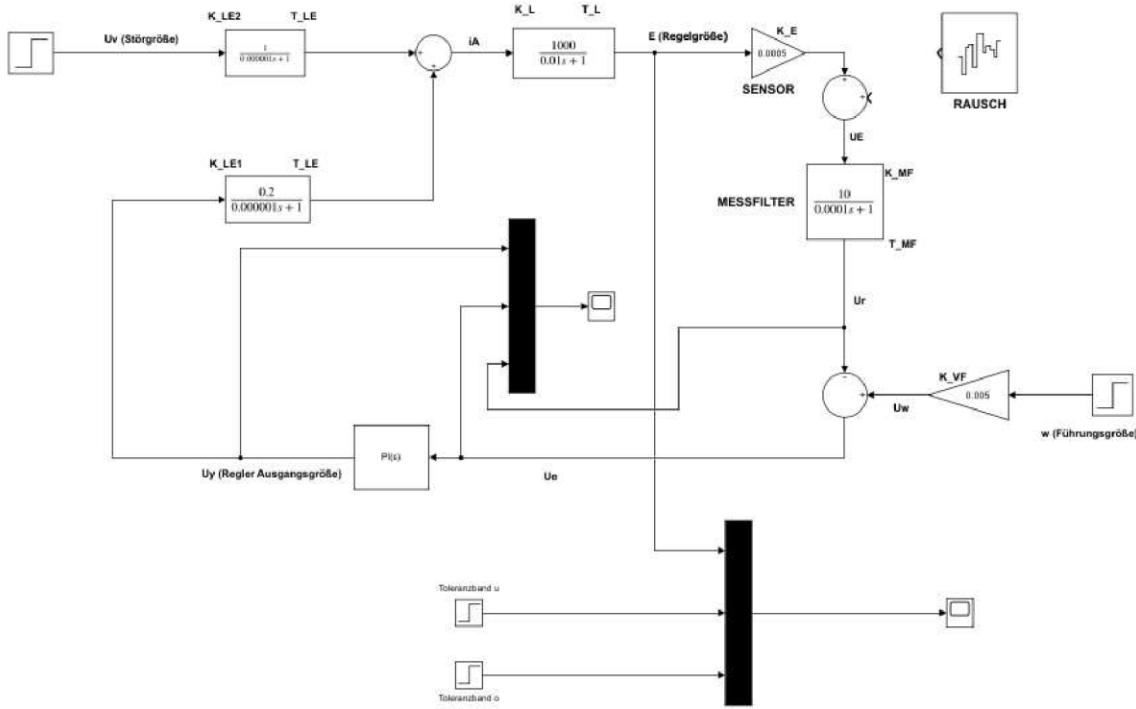
Table 8. Block Type Count

BlockType	Count	Block Names
TransferFcn	4	<a href="#">Transfer Fcn1</a> , <a href="#">Transfer Fcn2</a> , <a href="#">Transfer Fcn3</a> , <a href="#">Transfer Fcn4</a>
Step	4	<a href="#">Step1</a> , <a href="#">Step2</a> , <a href="#">Step7</a> , <a href="#">Step8</a>
Sum	3	<a href="#">Sum4</a> , <a href="#">Sum5</a> , <a href="#">Sum6</a>
Scope	2	Scope1, Scope4
Mux	2	<a href="#">Mux3</a> , <a href="#">Mux4</a>
Gain	2	<a href="#">Gain3</a> , <a href="#">Gain4</a>
PID 1dof (m)	1	<a href="#">PID Controller2</a>
Band-Limited White Noise. (m)	1	<a href="#">Band-Limited White Noise1</a>

Table 9. Model Functions

Function Name	Parent Blocks	Calling character vector
P	<a href="#">PID Controller2</a>	P

# Betragsoptimum\_OhneRauscher



mwa0000025071470

01-Jul-2023 03:33:46

## Table of Contents

[Model - Betragsoptimum\\_OhneRauscher](#)  
[System - Betragsoptimum\\_OhneRauscher](#)  
[Appendix](#)

## List of Tables

1. [Band-Limited White Noise, Block Properties](#)
2. [Gain Block Properties](#)
3. [Mux Block Properties](#)
4. [PID 1dof Block Properties](#)
5. [Step Block Properties](#)
6. [Sum Block Properties](#)
7. [TransferFcn Block Properties](#)
8. [Block Type Count](#)
9. [Model Functions](#)

## Model - Betragsoptimum\_OhneRauscher

### Full Model Hierarchy

1. [Betragsoptimum\\_OhneRauscher](#)

Simulation Parameter	Value
Solver	ode4
RelTol	1e-3
Refine	1
MaxOrder	5
FixedStep	0.0000001
ZeroCross	on

[/more info.](#)

40

## System - Betragsoptimum\_OhneRauscher

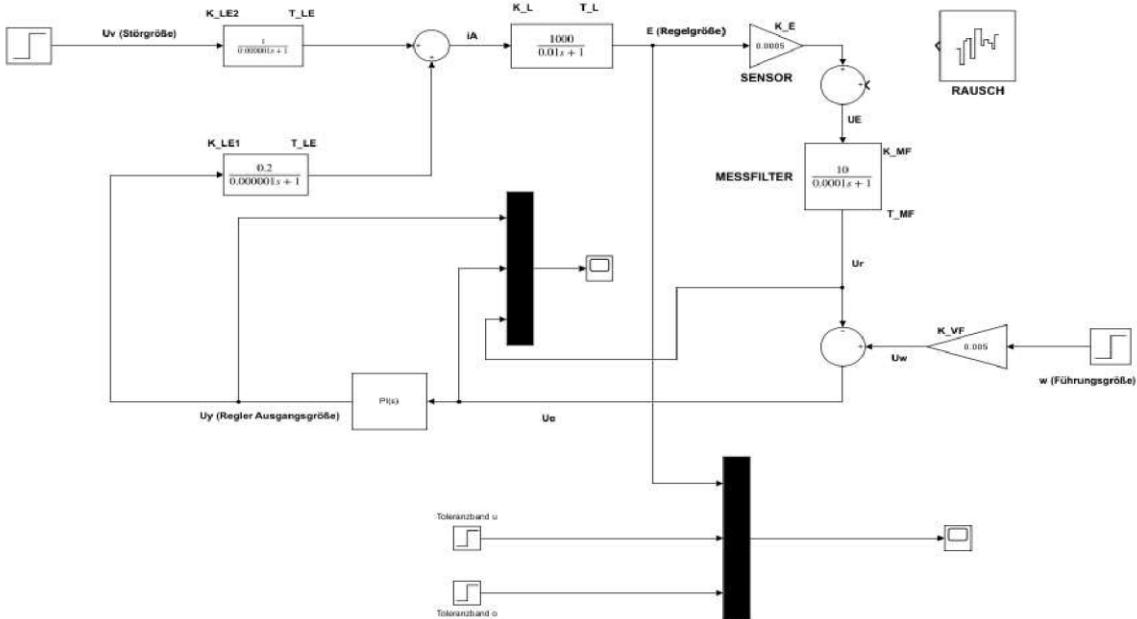


Table 1. Band-Limited White Noise. Block Properties

Name	Cov	Ts	Seed
Band-Limited White Noise	[0.000000001]	0.0000001	[23341]

Table 2. Gain Block Properties

Name	Gain	Multiplication	Param Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Gain1	0.0005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Gain2	0.005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 3. Mux Block Properties

Name	Inputs	Display Option
Mux1	3	bar
Mux2	3	bar

Table 4. PID 1dof Block Properties

Name	Controller	Form	Time Domain	Controller Parameters Source	P	I	Use Ki Ts	Tuner Select Option	Zero Cross	Initial Condition Source	Initial Condition For Integrator	External Reset	Tracking Mode	Kt	Sat Limits Source	Linearize As Gain	Anti Windup Mode	Limit Integrat
PID Controller1	PI	Ideal	Continuous-time	internal	49.5	100	off	Transfer Function Based (PID Tuner App)	on	internal	0	none	off	1	internal	on	none	off

Table 5. Step Block Properties

Name	Time	Before	After	Out Data Type Str	Sample Time	Zero Cross
Step3	0	0	990	double	0	on
Step4	0.01	0	1	double	0	on
Step5	0	0	1050	double	0	on
Step6	0	0	1110	double	0	on

Table 6. Sum Block Properties

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Sum1	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum2	round	+-	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum3	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 7. TransferFcn Block Properties

Name	Numerator	Denominator	Parameter Tunability	Absolute Tolerance	Continuous State Attributes
Transfer Fcn10	[1]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn11	[0.2]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn12	[1000]	[0.01 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn13	[10]	[0.0001 1]	Auto	auto	"

## Appendix

Table 8. Block Type Count

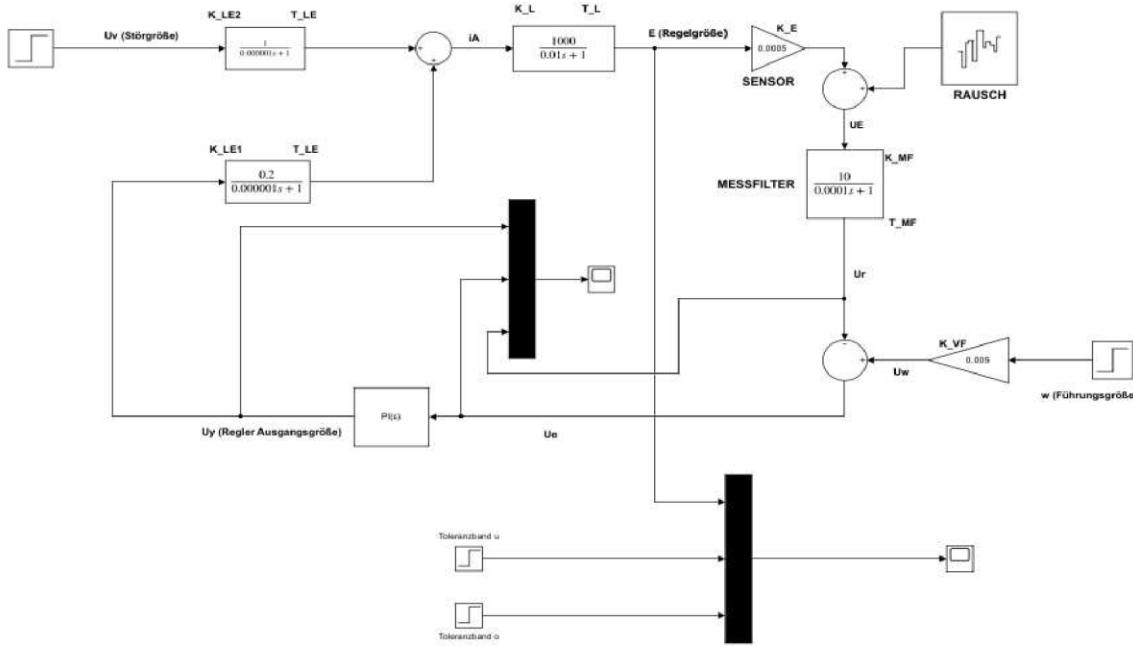
BlockType	Count	Block Names
TransferFcn	4	<a href="#">Transfer Fcn10</a> , <a href="#">Transfer Fcn11</a> , <a href="#">Transfer Fcn12</a> , <a href="#">Transfer Fcn13</a>
Step	4	<a href="#">Step3</a> , <a href="#">Step4</a> , <a href="#">Step5</a> , <a href="#">Step6</a>
Sum	3	<a href="#">Sum1</a> , <a href="#">Sum2</a> , <a href="#">Sum3</a>
Scope	2	Scope3, Scope6
Mux	2	<a href="#">Mux1</a> , <a href="#">Mux2</a>
Gain	2	<a href="#">Gain1</a> , <a href="#">Gain2</a>
PID 1dof (m)	1	<a href="#">PID Controller1</a>
Band-Limited White Noise. (m)	1	<a href="#">Band-Limited White Noise</a>

Table 9. Model Functions

Function Name	Parent Blocks	Calling character vector
P	<a href="#">PID Controller1</a>	P

Simulink Reglerentwurfsmodells zur Symmetrische-Optimum methode mit und ohne Rausch

## SymmetrischesOptimum\_MitRauscher



mwa0000025071470

01-Jul-2023 03:38:17

### Table of Contents

[Model - SymmetrischesOptimum\\_MitRauscher](#)  
[System - SymmetrischesOptimum\\_MitRauscher](#)  
[Appendix](#)

### List of Tables

1. [Band-Limited White Noise, Block Properties](#)
2. [Gain Block Properties](#)
3. [Mux Block Properties](#)
4. [PID 1dof Block Properties](#)
5. [Step Block Properties](#)
6. [Sum Block Properties](#)
7. [TransferFcn Block Properties](#)
8. [Block Type Count](#)
9. [Model Functions](#)

## Model - SymmetrischesOptimum\_MitRauscher

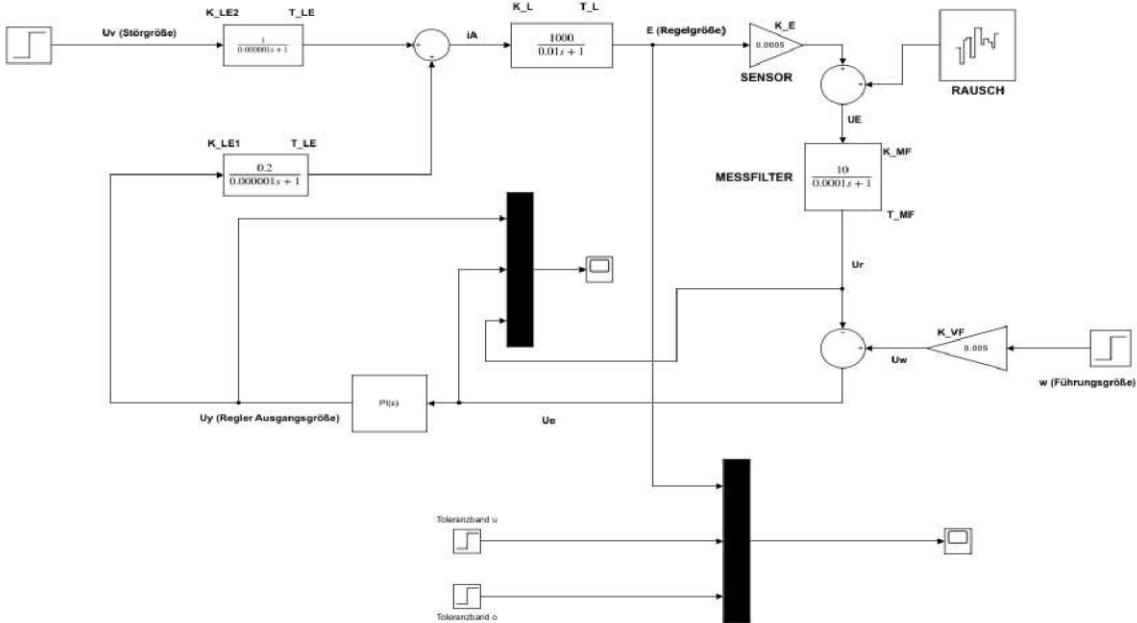
### Full Model Hierarchy

1. [SymmetrischesOptimum\\_MitRauscher](#)

Simulation Parameter	Value
Solver	ode4
RelTol	1e-3
Refine	1
MaxOrder	5
FixedStep	0.0000001
ZeroCross	on

[/more info/](#)

## System - SymmetrischesOptimum\_MitRauscher



**Table 1. Band-Limited White Noise. Block Properties**

Name	Cov	Ts	Seed
Band-Limited White Noise3	[0.000000001]	0.0000001	[23341]

**Table 2. Gain Block Properties**

Name	Gain	Multiplication	Param Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Gain7	0.0005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Gain8	0.005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

**Table 3. Mux Block Properties**

Name	Inputs	Display Option
Mux7	3	bar
Mux8	3	bar

**Table 4. PID 1dof Block Properties**

Name	Controller	Form	Time Domain	Controller Parameters Source	P	I	Use Ki Ts	Tuner Select Option	Zero Cross	Initial Condition Source	Initial Condition For Integrator	External Reset	Tracking Mode	Kt	Sat Limits Source	Linearize As Gain	Anti Windup Mode	Limit Integrate
PID Controller4	PI	Ideal	Continuous-time	internal	33	1100	off	Transfer Function Based (PID Tuner App)	on	internal	0	none	off	1	internal	on	none	off

**Table 5. Step Block Properties**

Name	Time	Before	After	Out Data Type Str	Sample Time	Zero Cross
Step13	0	0	990	double	0	on
Step14	0.01	0	1	double	0	on
Step15	0	0	1050	double	0	on
Step16	0	0	1110	double	0	on

**Table 6. Sum Block Properties**

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Sum10	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum11	round	+-	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum12	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 7. TransferFcn Block Properties

Name	Numerator	Denominator	Parameter Tunability	Absolute Tolerance	Continuous State Attributes
Transfer Fcn14	[0.2]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn15	[1000]	[0.01 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn16	[10]	[0.0001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn9	[1]	[0.000001 1]	Auto	auto	"

## Appendix

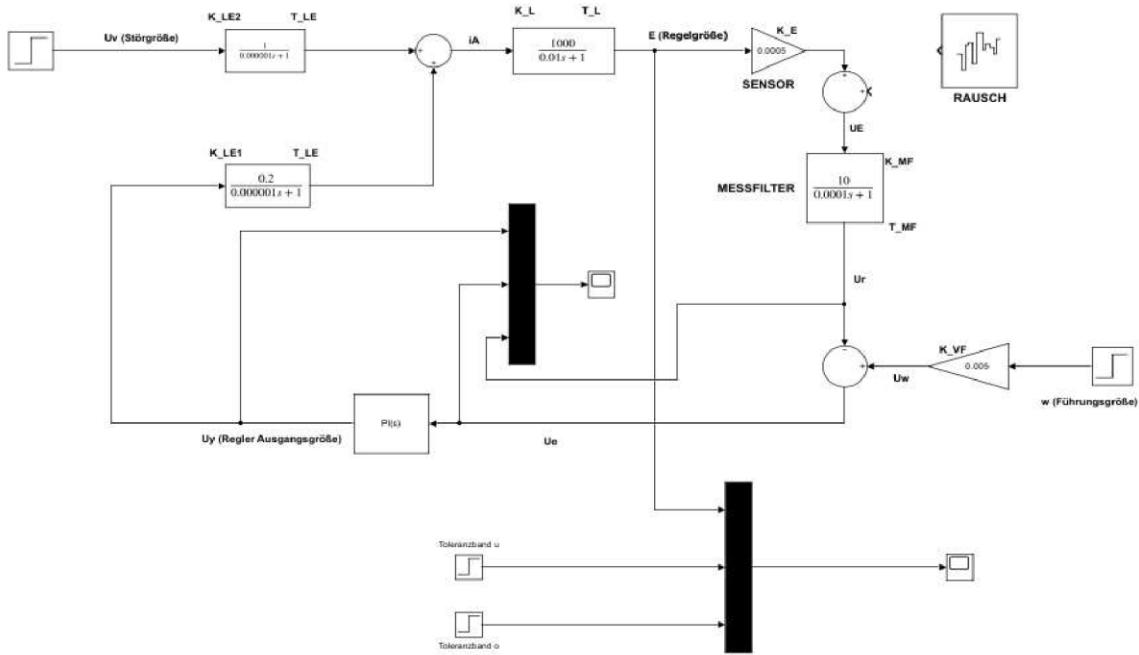
Table 8. Block Type Count

BlockType	Count	Block Names
TransferFcn	4	<a href="#">Transfer Fcn14</a> , <a href="#">Transfer Fcn15</a> , <a href="#">Transfer Fcn16</a> , <a href="#">Transfer Fcn9</a>
Step	4	<a href="#">Step13</a> , <a href="#">Step14</a> , <a href="#">Step15</a> , <a href="#">Step16</a>
Sum	3	<a href="#">Sum10</a> , <a href="#">Sum11</a> , <a href="#">Sum12</a>
Scope	2	Scope8, Scope9
Mux	2	<a href="#">Mux7</a> , <a href="#">Mux8</a>
Gain	2	<a href="#">Gain7</a> , <a href="#">Gain8</a>
PID 1dof (m)	1	<a href="#">PID Controller4</a>
Band-Limited White Noise. (m)	1	<a href="#">Band-Limited White Noise3</a>

Table 9. Model Functions

Function Name	Parent Blocks	Calling character vector
P	<a href="#">PID Controller4</a>	P

# SymmetrischesOptimum\_OhneRauscher



mwa0000025071470

01-Jul-2023 03:38:54

## Table of Contents

[Model - SymmetrischesOptimum\\_OhneRauscher](#)  
[System - SymmetrischesOptimum\\_OhneRauscher](#)  
[Appendix](#)

## List of Tables

1. [Band-Limited White Noise, Block Properties](#)
2. [Gain Block Properties](#)
3. [Mux Block Properties](#)
4. [PID 1dof Block Properties](#)
5. [Step Block Properties](#)
6. [Sum Block Properties](#)
7. [TransferFcn Block Properties](#)
8. [Block Type Count](#)
9. [Model Functions](#)

## Model - SymmetrischesOptimum\_OhneRauscher

### Full Model Hierarchy

1. [SymmetrischesOptimum\\_OhneRauscher](#)

Simulation Parameter	Value
Solver	ode4
RelTol	1e-3
Refine	1
MaxOrder	5
FixedStep	0.0000001
ZeroCross	on

[/more info/](#)

## System - SymmetrischesOptimum\_OhneRauscher

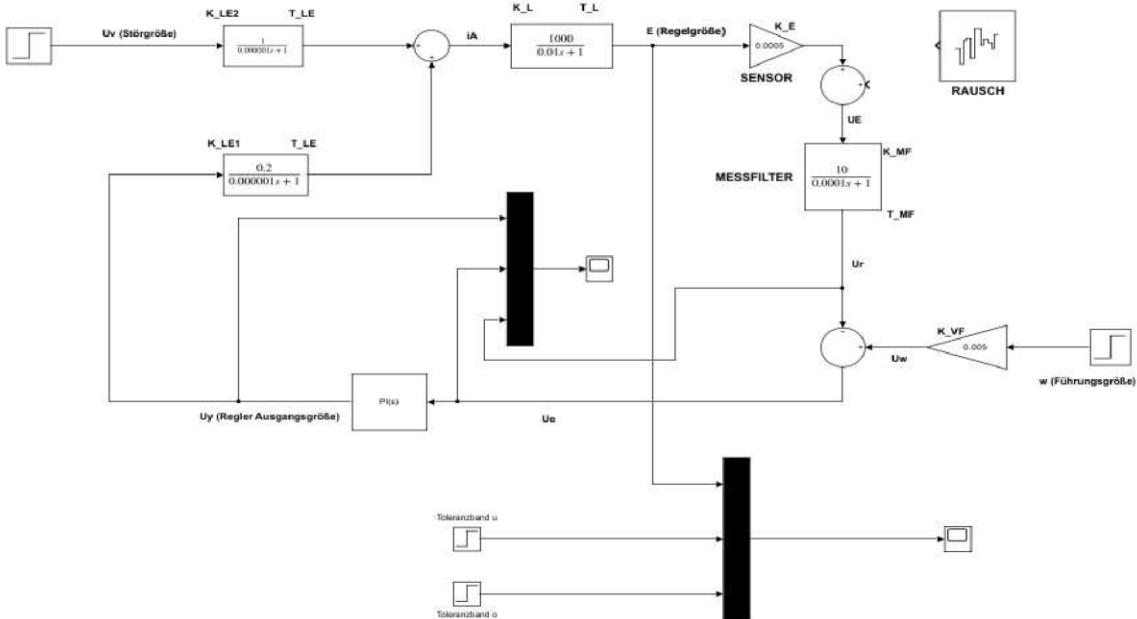


Table 1. Band-Limited White Noise. Block Properties

Name	Cov	Ts	Seed
Band-Limited White Noise2	[0.000000001]	0.0000001	[23341]

Table 2. Gain Block Properties

Name	Gain	Multiplication	Param Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Gain5	0.0005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Gain6	0.005	Element-wise(K.*u)	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 3. Mux Block Properties

Name	Inputs	Display Option
Mux5	3	bar
Mux6	3	bar

Table 4. PID 1dof Block Properties

Name	Controller	Form	Time Domain	Controller Parameters Source	P	I	Use Ki Ts	Tuner Select Option	Zero Cross	Initial Condition Source	Initial Condition For Integrator	External Reset	Tracking Mode	Kt	Sat Limits Source	Linearize As Gain	Anti Windup Mode	Limit Integrate
PID Controller3	PI	Ideal	Continuous-time	internal	33	1100	off	Transfer Function Based (PID Tuner App)	on	internal	0	none	off	1	internal	on	none	off

Table 5. Step Block Properties

Name	Time	Before	After	Out Data Type Str	Sample Time	Zero Cross
Step10	0.01	0	1	double	0	on
Step11	0	0	1050	double	0	on
Step12	0	0	1110	double	0	on
Step9	0	0	990	double	0	on

Table 6. Sum Block Properties

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow

Name	Icon Shape	Inputs	Collapse Mode	Collapse Dim	Input Same DT	Accum Data Type Str	Out Data Type Str	Lock Scale	Rnd Meth	Saturate On Integer Overflow
Sum7	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum8	round	+-	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off
Sum9	round	++	All dimensions	1	off	Inherit: Inherit via internal rule	Inherit: Inherit via internal rule	off	Floor	off

Table 7. TransferFcn Block Properties

Name	Numerator	Denominator	Parameter Tunability	Absolute Tolerance	Continuous State Attributes
Transfer Fcn5	[1]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn6	[0.2]	[0.000001 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn7	[1000]	[0.01 1]	Auto	auto	"
Transfer Fcn8	[10]	[0.0001 1]	Auto	auto	"

## Appendix

Table 8. Block Type Count

BlockType	Count	Block Names
TransferFcn	4	<a href="#">Transfer Fcn5</a> , <a href="#">Transfer Fcn6</a> , <a href="#">Transfer Fcn7</a> , <a href="#">Transfer Fcn8</a>
Step	4	<a href="#">Step10</a> , <a href="#">Step11</a> , <a href="#">Step12</a> , <a href="#">Step9</a>
Sum	3	<a href="#">Sum7</a> , <a href="#">Sum8</a> , <a href="#">Sum9</a>
Scope	2	Scope5, Scope7
Mux	2	<a href="#">Mux5</a> , <a href="#">Mux6</a>
Gain	2	<a href="#">Gain5</a> , <a href="#">Gain6</a>
PID 1dof (m)	1	<a href="#">PID Controller3</a>
Band-Limited White Noise. (m)	1	<a href="#">Band-Limited White Noise2</a>

Table 9. Model Functions

Function Name	Parent Blocks	Calling character vector
P	<a href="#">PID Controller3</a>	P

### **6.3 Verwendte-Literatur**

- Regelungstechnik für Ingenieure: Analyse, Simulation und Entwurf von Regelkreisen,  
16.Auflage

Autoren: Serge Zachner

Manfred Reutur

## 6.4 Ganttprojekt

### MRDS Praktikum

Jul 1, 2023

---

FH Aachen Gruppe 12

<http://>

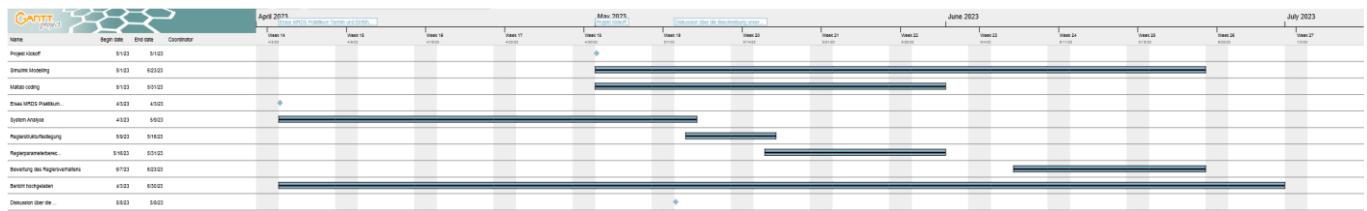
Project manager	Omar Barazanji, Alp Cetin, Nachuan Wang
Project dates	Apr 3, 2023 - Jul 1, 2023
Completion	100%
Tasks	10
Resources	3

Tasks				2
Name	Begin date	End date	Coordinator	
Projekt Kickoff	5/1/23	5/1/23		
Simulink Modelling	5/1/23	6/23/23		
Matlab coding	5/1/23	5/31/23		
Erses MRDS Praktikum Termin und Einführung	4/3/23	4/3/23		
System Analyse	4/3/23	5/9/23		
Reglerstrukturfestlegung	5/9/23	5/16/23		
Reglerparameterberechnung und Reglerverhaltensbewertung	5/16/23	5/31/23		
Bewertung des Reglersverhaltens	6/7/23	6/23/23		
Bericht hochgeladen	4/3/23	6/30/23		
Diskussion über die Beschreibung unseres Systems und auf die Erste Präsentation vorbereiten	5/8/23	5/8/23		

## Resources

Name	Default role
Omar Barazanji	project manager
Alp Cetin	project manager
Nachuan Wang	project manager

# Gantt Chart



## 6.5 LOP

Nr	Kurzbeschreibung	Verantwortlicher	Status
1	Herausfinden, ob die Vorzeichen von Uv und Uy an der Additionsstelle positiv sind - Muss die Störgröße immer negativ sein!?	Alp	abgeschlossen
2	Lernen, wie man die gesamte Open-Loop-Übertragungsfunktion (mit Störgröße und Regler-Ausgangsgröße zusammen) ausdrücken kann	Alp	abgeschlossen
3	Woher weiß man, welcher Controller verwendet werden muss? Welcher Controller für unseren Fall? Herausfinden	Nacuhan/Omar	abgeschlossen
4	Herausfinden, was Führungsgrößenverhalten und Störsgrößenverhalten sind und wie man sie mathematisch ausdrückt, Beispiele aus dem Buch zum besseren Verständnis finden	Alp	abgeschlossen
5	Erfahren, was die Ergebnisse für das Führungsgrößenverhalten und das Störgrößenverhalten bedeuten	Omar	abgeschlossen
6	Finde heraus, wie die Werte für die minimale Dämpfung und die maximale Zeitkonstante berechnet werden - höre dir die Präsentation der dritten Gruppe im MRDS-Praktikum an - frag zu Bilal oder Zi Qian, wie sie es geschafft haben - frag zu den Tutor - frag zu Professor Goldbach	Alp	abgeschlossen
7	Welche Methoden der Parameterberechnung gibt es, die wir in unserem Fall verwenden können?	Nacuhan/Omar	abgeschlossen
8	Der Code für die Modellreduktion funktioniert nicht, bring ihn zum Laufen	Omar	abgeschlossen
9	Warum sind zwei verschiedene Methoden zur Berechnung der Reglerparameter erforderlich? - Vorteile jeder Methode	Nacuhan/Alp	abgeschlossen
10	Wie kann es Beispiele für ein symmetrisches Optimum mit PTN-Strecke in Ilias geben, während chatgpt und das Hilfsmittelbuch strikt darauf bestehen, dass die Methode des symmetrischen Optimums nur für Strecken mit I-Anteil funktioniert?	Alp	abgeschlossen
11	Die Simulink-Grafik stabilisiert sich nicht bei t = unendlich und fällt weiter ab, obwohl wir einen I-Anteil verwendet haben. Finde heraus, warum.	Alp	abgeschlossen
12	Welchen Block soll man verwenden, um die Führungsgröße (w) auszudrücken?	Nacuhan	abgeschlossen
13	Welcher Block wird für Rausch in Simulink verwendet? Wie stellt man ihn ein und wo genau soll man ihn anschließen?	Nacuhan	abgeschlossen

14	Frag Aryan oder Zi Qian, den Namen des Blocks, mit dem man mehrere Variablen in einem einzigen Bereichsblock gleichzeitig überprüfen kann.	Omar/Nacuhan	abgeschlossen
15	Wie kann man das Simulink-Modell als html exportieren?	Omar	abgeschlossen
16	Finden Sie einen Weg, wie man den spezifischen Wert in einem Code in bestimmten Intervallen um einen bestimmten Betrag ändern kann, um die Methode der minimalen Dämpfung und der maximalen Zeitkonstante einfacher auszudrücken.	Alp	abgeschlossen
17	Wie kann man in Matlab mehrere Sprungantwortdiagramme im selben Diagramm darstellen?	Omar/Nacuhan	abgeschlossen
18	Word page number Die Seitenzahl des Word-Dokuments beginnt mit dem Deckblatt. Finde es heraus, wie man sie nach dem Inhaltsverzeichnis beginnen lassen kann.	Alp	abgeschlossen

## **6.6 Präsentation**

# Teilpraktikum : Modellierung und Regelung einfacher dynamischer Systeme

## Auslegung einer Bestrahlungsstärkeregelung

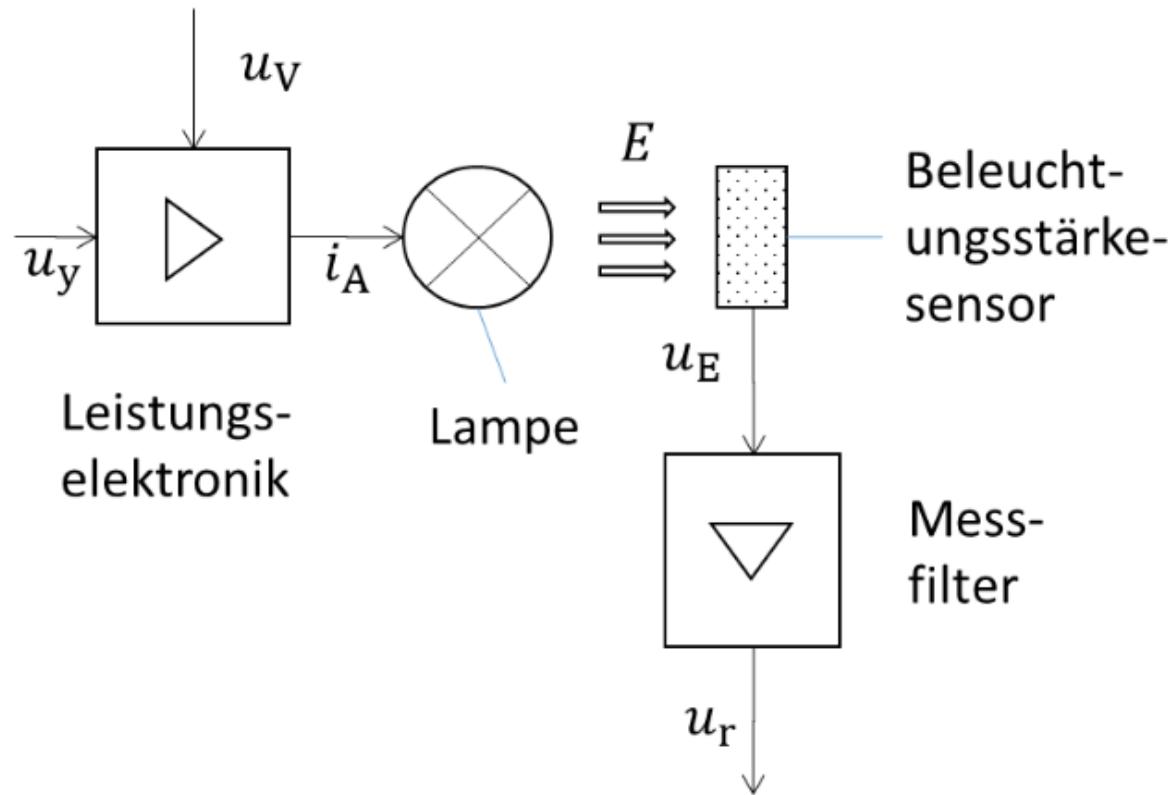
Gruppe 12:  
Omar Barazanji 3304954  
Alp Cetin 3303020  
Nachuan Wang 3197311

# Inhaltsverzeichnis

---

1. System- und Problembeschreibung
2. Verwendeter Führungsstil
3. Systemanalyse
4. Reglerstrukturfestlegung
5. Reglerparameterberechnung
6. Reglerverhaltensbewertung

# 1. System- und Problembeschreibung



**Abbildung 1 – Systemskizze**

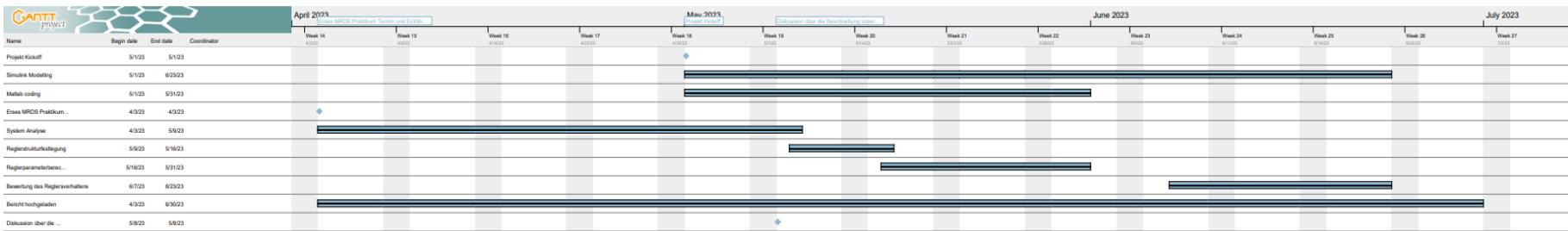
## 2. Verwendeter Führungsstil

### Ganttchart (Ganttprojekt)

#### MRDS Praktikum

Jul 1, 2023

#### Gantt Chart

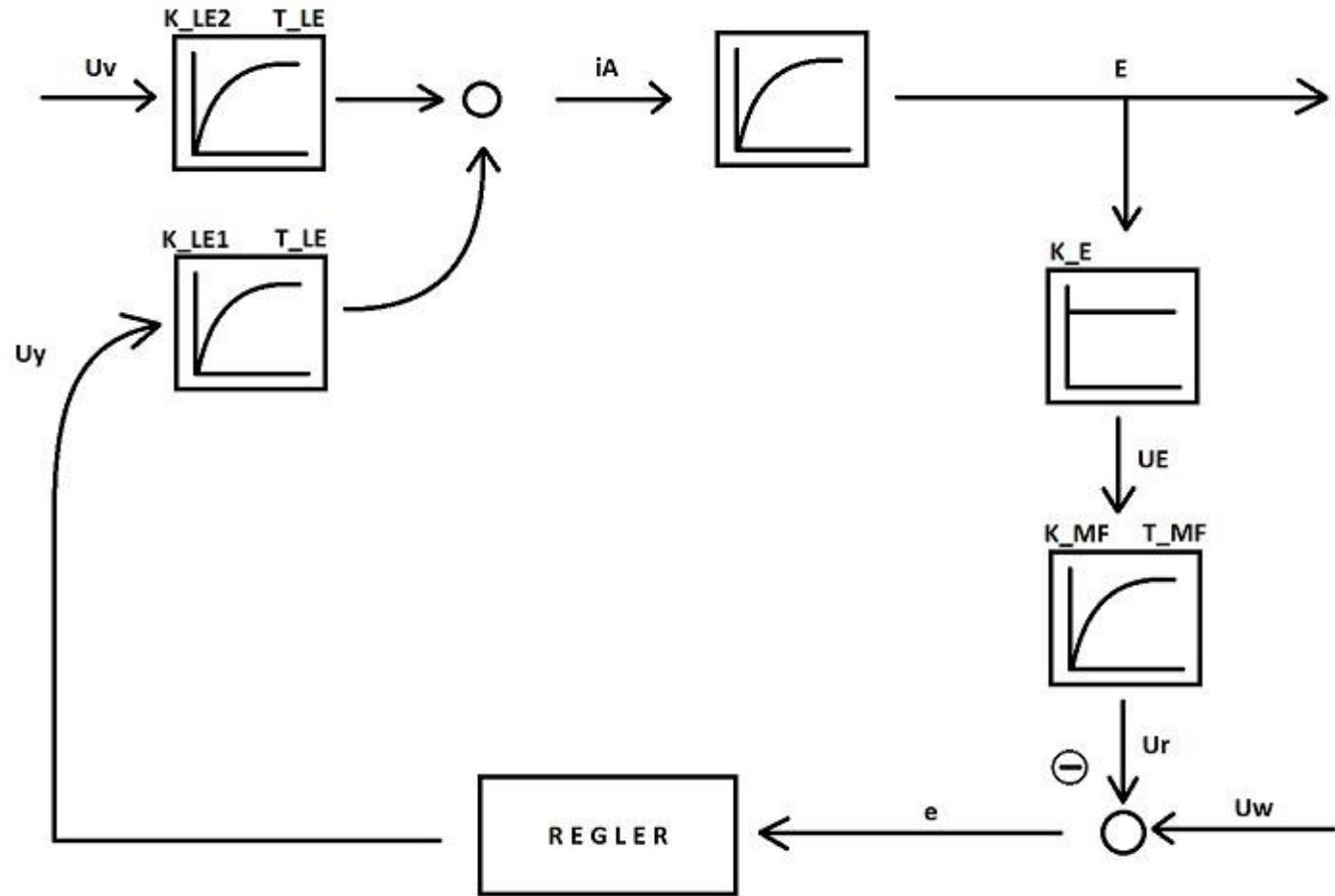


## 2. Verwendeter Führungsstil

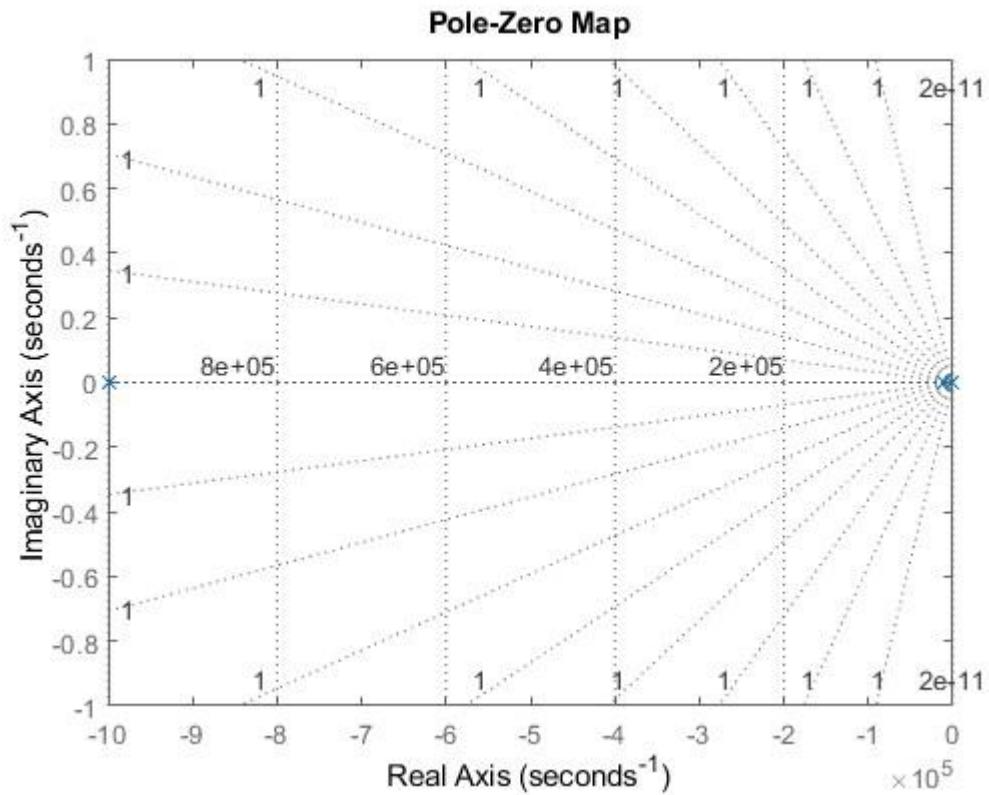
### LOP (Liste offener punkte)

Nr	Kurzbeschreibung	Verantwortlicher	Status
1	Herausfinden, ob die Vorzeichen von Uv und Uy an der Additionsstelle positiv sind - Muss die Störgröße immer negativ sein!?	Alp	abgeschlossen
2	Lernen, wie man die gesamte Open-Loop-Übertragungsfunktion (mit Störgröße und Regler-Ausgangsgröße zusammen) ausdrücken kann	Alp	abgeschlossen
3	Woher weiß man, welcher Controller verwendet werden muss? Welcher Controller für unseren Fall? Herausfinden	Nacuhan/Omar	abgeschlossen
4	Herausfinden, was Führungsgrößenverhalten und Störsgrößenverhalten sind und wie man sie mathematisch ausdrückt, Beispiele aus dem Buch zum besseren Verständnis finden	Alp	abgeschlossen
5	Erfahren, was die Ergebnisse für das Führungsgrößenverhalten und das Störgrößenverhalten bedeuten	Omar	abgeschlossen
6	Finde heraus, wie die Werte für die minimale Dämpfung und die maximale Zeitkonstante berechnet werden - höre dir die Präsentation der dritten Gruppe im MRDS-Praktikum an - frag zu Bilal oder Zi Qian, wie sie es geschafft haben - frag zu den Tutor - frag zu Professor Goldbach	Alp	abgeschlossen
7	Welche Methoden der Parameterberechnung gibt es, die wir in unserem Fall verwenden können?	Nacuhan/Omar	abgeschlossen
8	Der Code für die Modellreduktion funktioniert nicht, bring ihn zum Laufen	Omar	abgeschlossen
9	Warum sind zwei verschiedene Methoden zur Berechnung der Reglerparameter erforderlich? - Vorteile jeder Methode	Nacuhan/Alp	abgeschlossen

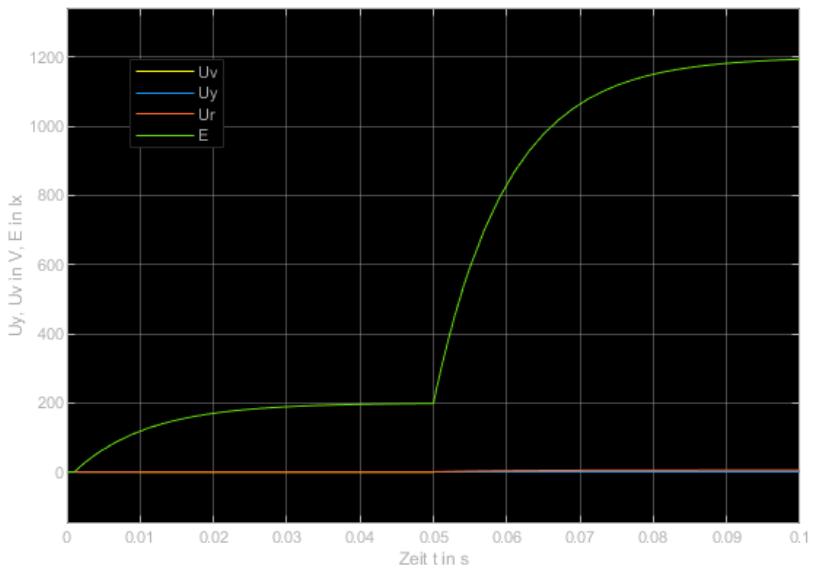
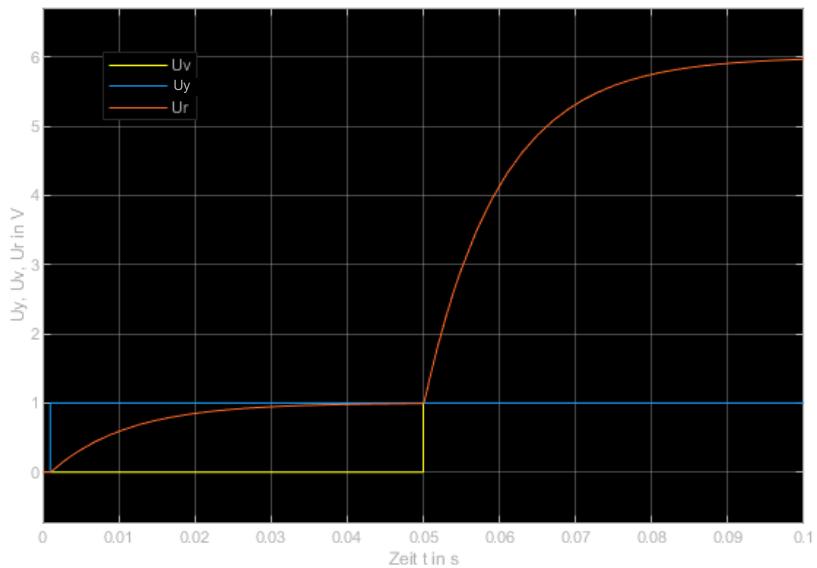
### 3. Systemanalyse



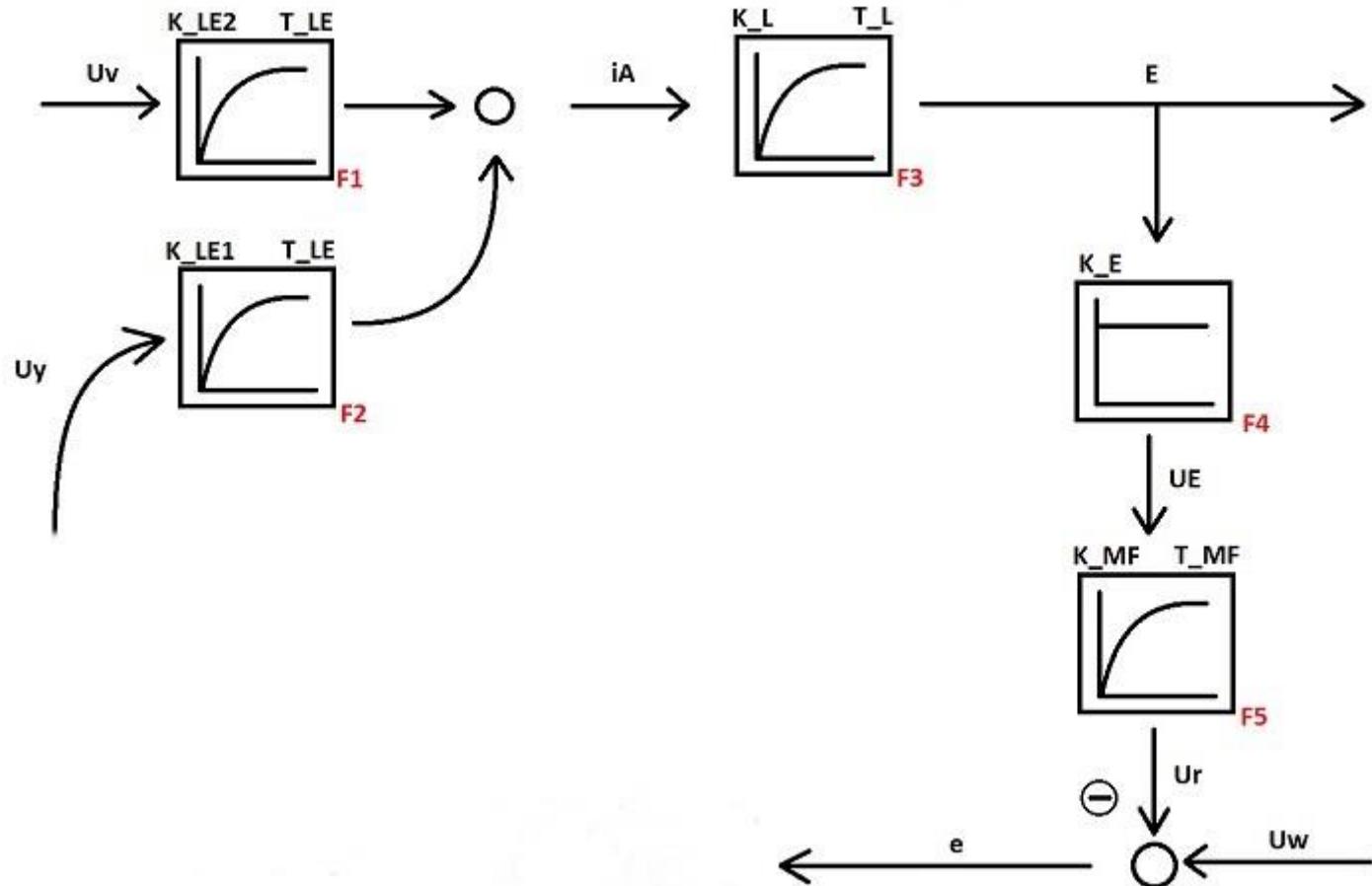
### 3. Systemanalyse



### 3. Systemanalyse



## 4. Reglerstrukturfestlegung



# 4. Reglerstrukturfestlegung

## Führungsgrößenverhalten

$$\frac{E(s)}{U_\omega(S)} = \frac{K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L}{K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L} = \frac{1}{K_E \cdot K_{MF}}$$
$$\rightarrow E = U_\omega \cdot \frac{1}{K_E \cdot K_{MF}},$$

mit Vorfilter:  $U_\omega = \omega \cdot K_E \cdot K_{MF}$

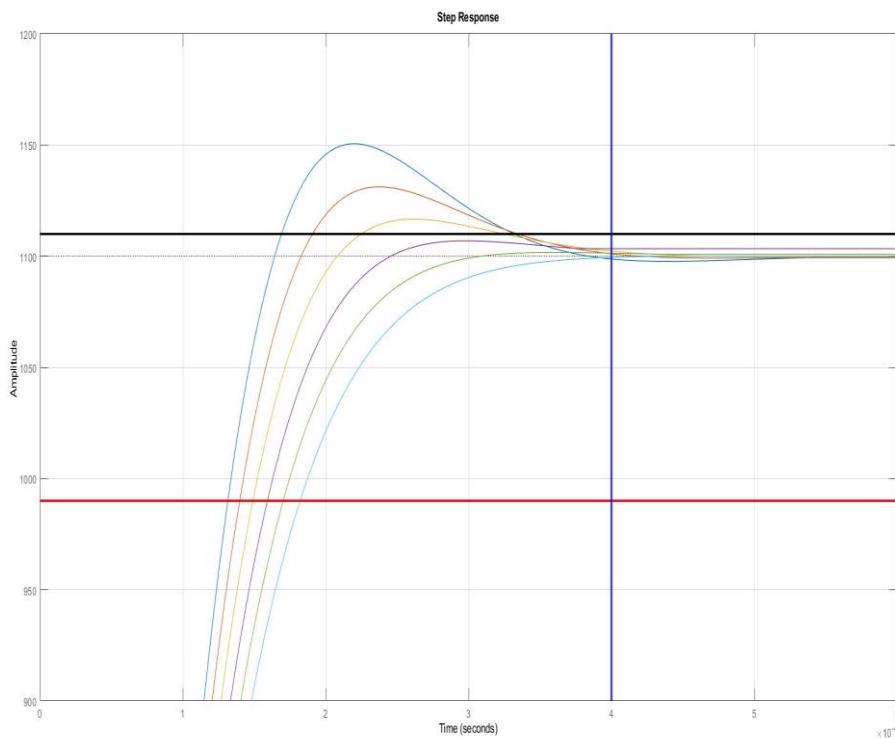
$\therefore E = \omega$ , Keine bleibende Regelabweichung

## Störsgrößenverhalten

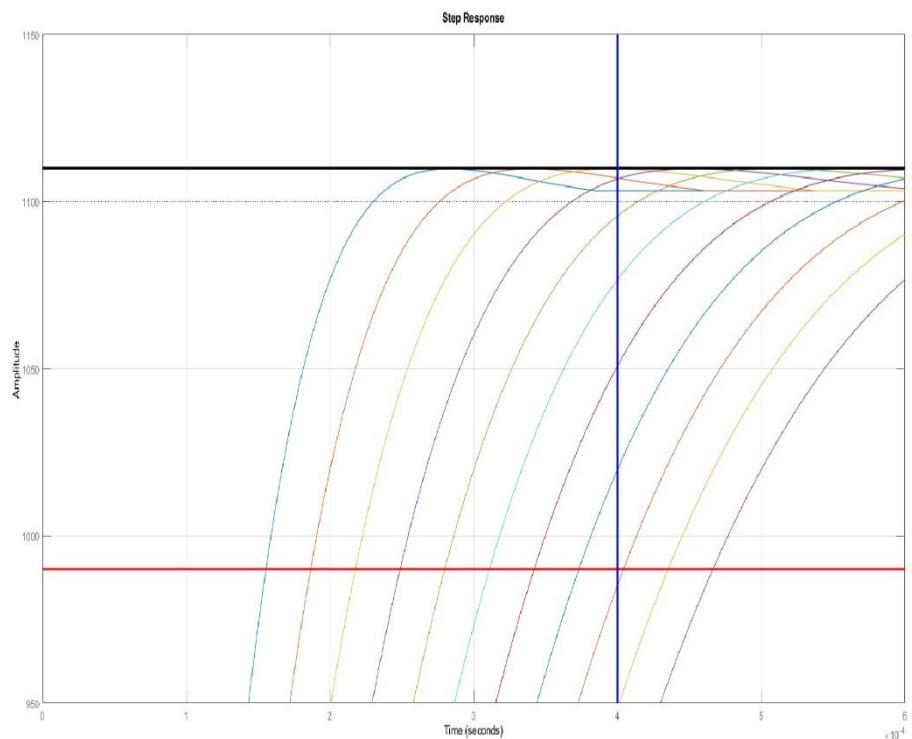
$$= \frac{E(s)}{U_V(S)} = \frac{0}{0 + K_E \cdot K_{MF} \cdot K_p \cdot K_{LE1} \cdot K_L \cdot 1} = 0$$

# 5. Reglerparameterberechnung

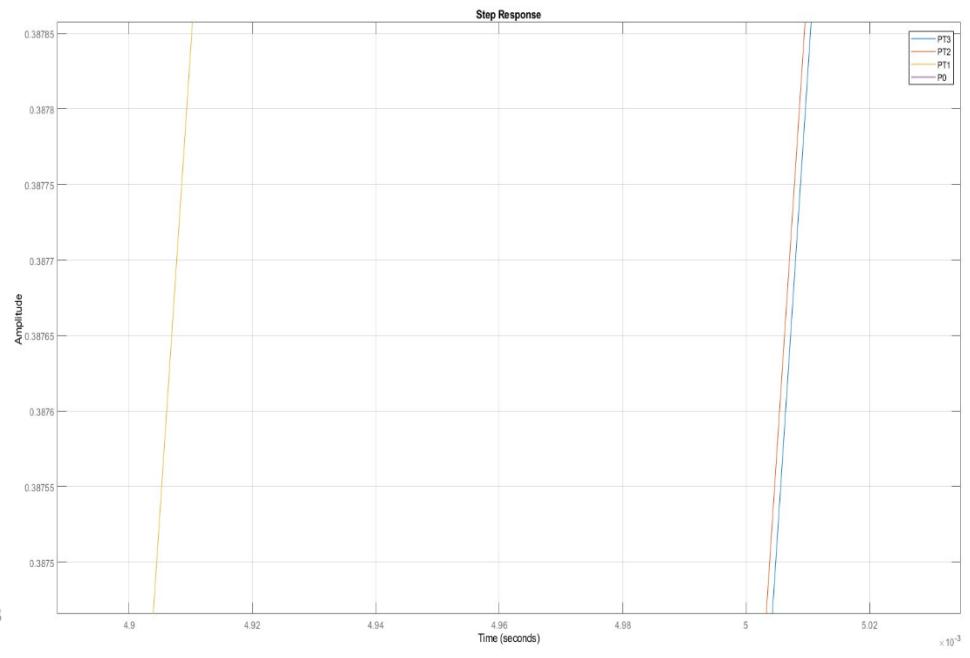
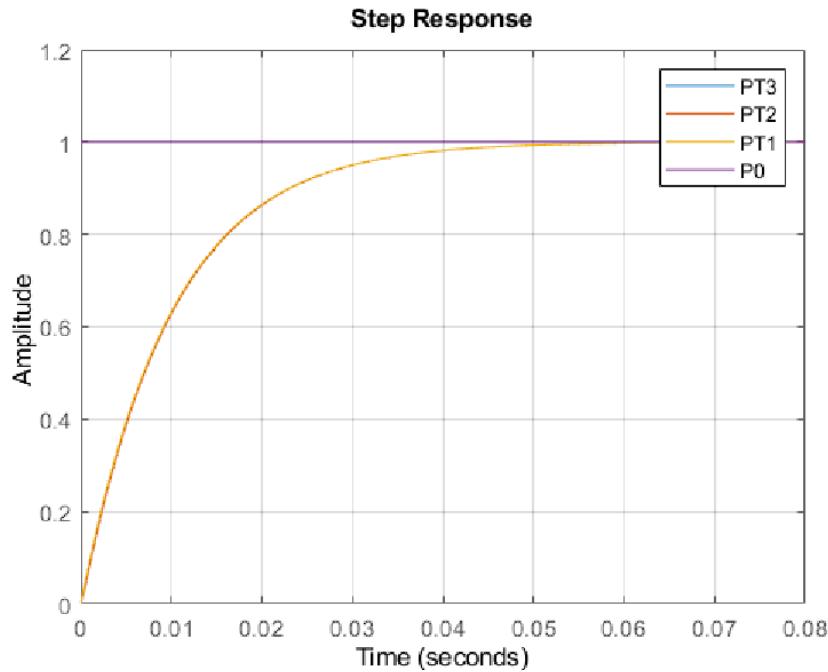
Minimale Dämpfung



Maximale Zeitkonstante



# 5. Reglerparameterberechnung



# 5. Reglerparameterberechnung

## Betragsoptimum Verfahren

- Stabilität
- Minimale Störempfindlichkeit

Proportionale Verstärkung ( $P$ ) = 49,5

$$\text{Integrale Verstärkung } (I) = \frac{1}{T_N} = 100$$

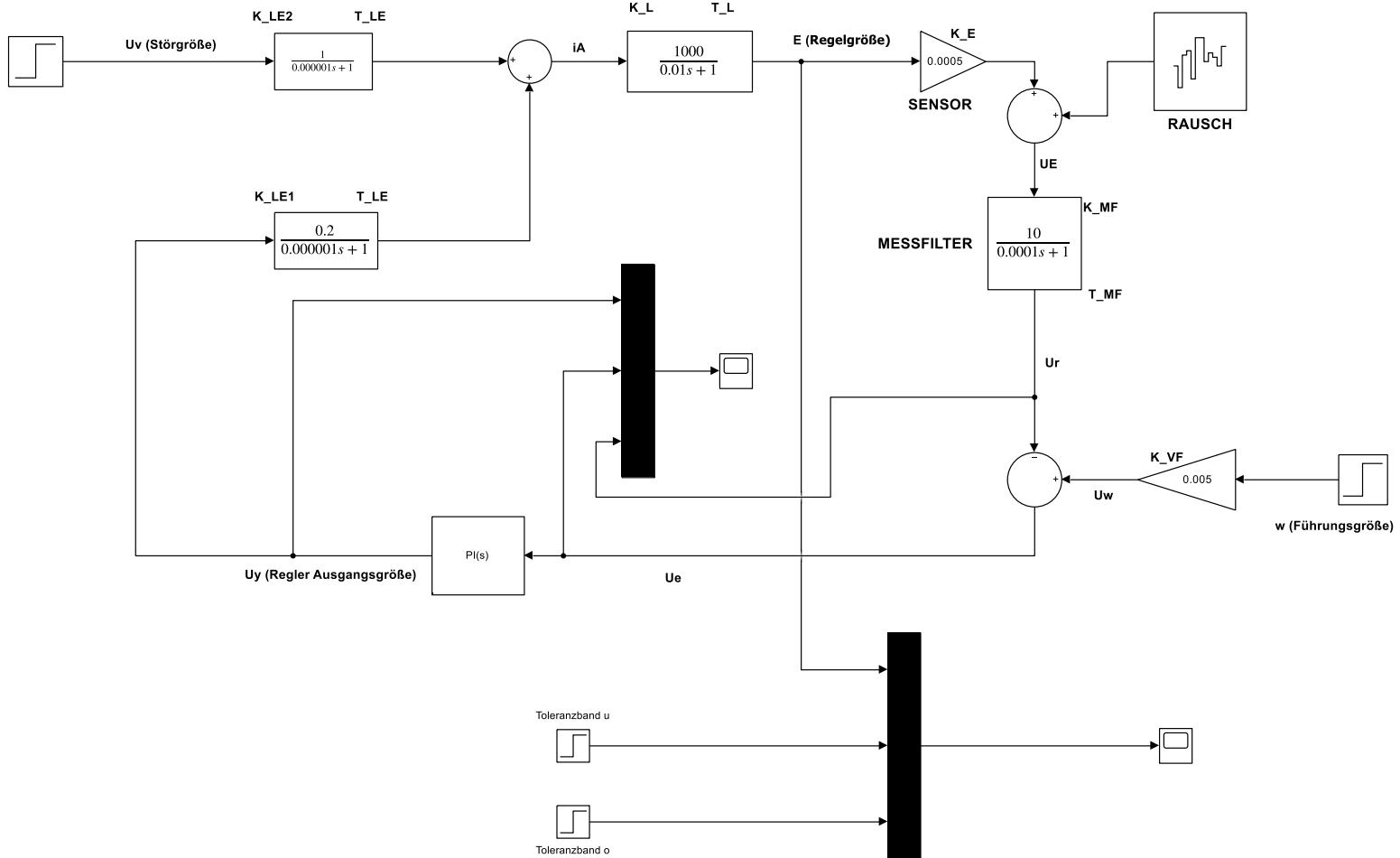
## Symmetrisches Optimum Verfahren

- Reduzierte Überschwingen

Proportionale Verstärkung ( $P$ ) = 33,01

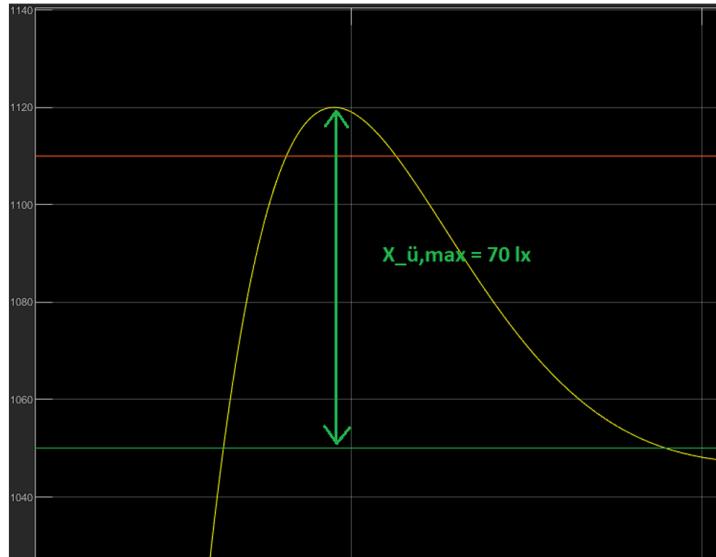
$$\text{Integrale Verstärkung } (I) = \frac{1}{T_N} = 1100$$

# 5. Reglerparameterberechnung

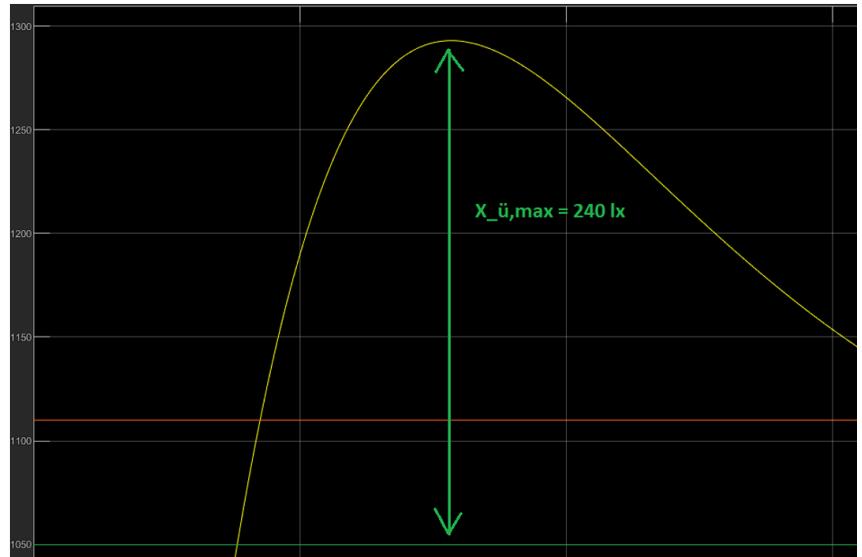


# 6. Reglerverhaltensbewertung

Betragsoptimum Verfahren



Symmetrisches Optimum Verfahren



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit