



Fakultät Informatik
Fachbereich Wirtschaftsinformatik

Master Projekt

Temperaturreglung Peltier-Element

Name:	Frieder Luginsland
Matrikelnummer:	296404
Unternehmen:	Unternehmen
Unternehmensbetreuer:	Unternehmensbetreuer
Erstkorrektor:	Erstbetreuer
Abgabetermin:	Abgabedatum

Konstanz, Abgabedatum
Der Vorsitzende des Prüfungsausschusses

Prof. Dr. Renato Dambe

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich *Frieder Luginsland*, geboren am *29.05.1996* in *Herrenberg*,

- (1) dass ich meine Bachelorarbeit mit dem Titel:

Temperaturreglung Peltier-Element

bei der Unternehmen unter Anleitung von Erstbetreuer selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe und keine anderen als die angeführten Hilfen benutzt habe;

- (2) dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate, von Tabellen, Zeichnungen, Bildern und Programmen aus der Literatur oder anderen Quellen (Internet) sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe.
- (3) dass die eingerichteten Abgabe-Exemplare in Papierform und im PDF-Format vollständig übereinstimmen.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Konstanz, Abgabedatum

(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung	I
Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
1.1 Ziel der Projektarbeit	1
1.2 Aufbau der Projektarbeit	1
2 Grundlagen	2
2.1 Physikalische Grundlagen	2
2.1.1 Peltier-Element	2
2.2 Elektrotechnische Grundlagen	2
2.2.1 Buck-Converter	2
2.3 Regelungstechnische Grundlagen	2
2.3.1 z-Transformation	2
2.3.2 PT1-Strecke	3
3 Konzept	5
4 Implementierung	6
4.1 Regelstrecke	6
4.2 PI-Regler	6
5 Evaluation	9
6 Fazit und Ausblick	10
Abbildungsverzeichnis	11
Literaturverzeichnis	12

Abkürzungsverzeichnis

API Application programming interface

HTTP Hypertext Transfer Protocol

SSH Secure Shell

1 Einleitung

1.1 Ziel der Projektarbeit

1.2 Aufbau der Projektarbeit

2 Grundlagen

2.1 Physikalische Grundlagen

2.1.1 Peltier-Element

2.2 Elektrotechnische Grundlagen

2.2.1 Buck-Converter

Im folgendem soll die Funktion eines Buck-Converter vereinfacht wiedergegeben.

2.3 Regelungsstechnische Grundlagen

2.3.1 z-Transformation

Um Übertragungsfunktionen digital berechnen zu können muss eine z-Transformation durchgeführt werden. Die z-Transformation ähnelt der Laplacetransformation für kontinuierliche Signale, wobei die z-Transformation auf Zahlenfolgen angewendet wird.

$$f^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)\delta(t - kT) \quad (2.1)$$

Über den Dirackkamm mit der Periodendauer T, wird die kontinuierliche funktion abgetastet. Sie ist nur zu den Abtastzeitpunkten $t = kT$ von null verschieden. Wendet man die Laplace Transformation auf die Zahlenfolge an folgt

$$F^*(s) = \mathcal{L}(f^*(t)) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-ksT} \quad (2.2)$$

Für e^{sT} führt man nun die komplexe Variabel z ein

$$z = e^{sT} \quad (2.3)$$

Damit ergibt sich

$$F^*(s) = \mathcal{L}(f^*(t)) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)z^{-k} \quad (2.4)$$

Für eine beliebige Folge

$$f(k) = (f(0), f(1), f(2), \dots) \quad (2.5)$$

erhält man so die z-Transformierte zu

$$F(z) = f(0) + f(1)z^{-1} + f(2)z^{-2} + \dots \quad (2.6)$$

Es ist ersichtlich das z^{-1} gleichbedeuteten mit einer Zeitverschiebung um die Abtastzeit ist. Gesucht wird im folgenden eine Approximation um aus dem Laplacebereich in den z -Bereich zu gelangen. Wenn die Exponentialreihe

$$z = e^{sT} = 1 + sT + \frac{1}{2}(sT)^2 + \dots \quad (2.7)$$

nach dem zweiten Glied abgebrochen wird folgt daraus

$$s \bullet \text{---} \circ \frac{z-1}{T} \quad (2.8)$$

Es sei erwähnt das dies nur eine Näherung der z -Transformierten ist. Es existiert eine exakte Transformation die aber mehr theoretische Einführung benötigt. Die Güte der Approximation ist von der Abtastzeit T und der Steilheit der Funktion abhängig. In der vorliegenden Arbeit soll die Approximation verwendet werden. (vgl. Lunze, 2014, S.501ff.)

2.3.2 PT1-Strecke

Ein Verzögerungsglied 1. Ordnung, das einen Integratoren und damit einen Energiespeicher besitzt, wird PT_2 -Strecke genannt. Sie ist für die Modellierung vieler physikalischer Strecken oder für Filteranwendungen geeignet. Der Wirkplan zeigt den Aufbau der Strecke.

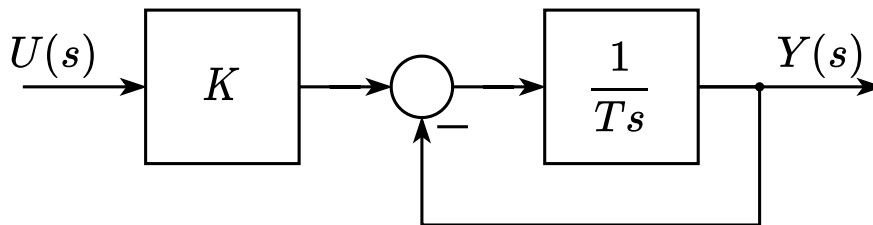


Abbildung 2.1: PT1-Struktur

Die Übertragungsfunktion ergibt sich aus der Struktur 2.1 zu

$$G(s) = K \frac{T}{s + T} \quad (2.9)$$

Mit der statischen Verstärkung K und der Zeitkonstante T . Die Sprungantwort im Zeitbereich ergibt sich zu

$$h(t) = k(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (2.10)$$

Bei $t = T$ ergibt sich daraus

$$h(T) = k(1 - e^{-1}) \approx 0.63 \quad (2.11)$$

Diese Eigenschaft kann für die Parametrierung von PT1-Strecken verwendet werden. Um die Strecke als digitalen Filter zu verwenden muss die Übertragungsfunktion diskretisiert werden. Im folgenem soll über eine Aproximation durch den Rückwärts-Differenzenquotient das System Diskretisiert werden. Für LTI Systeme kann über die Transformation von dem Bildbereich in den Z-Bereich eine exakte Diskretisierung vorgenommen werden. Diese benötigt mehr Therorie und ist nicht so intuitiv wie die Approximation. (vgl. Lunze, 2010, S.501ff.)

3 Konzept

4 Implementierung

4.1 Regelstrecke

Die zu regelnde Strecke soll mittels BlackBox Modelliert werden.

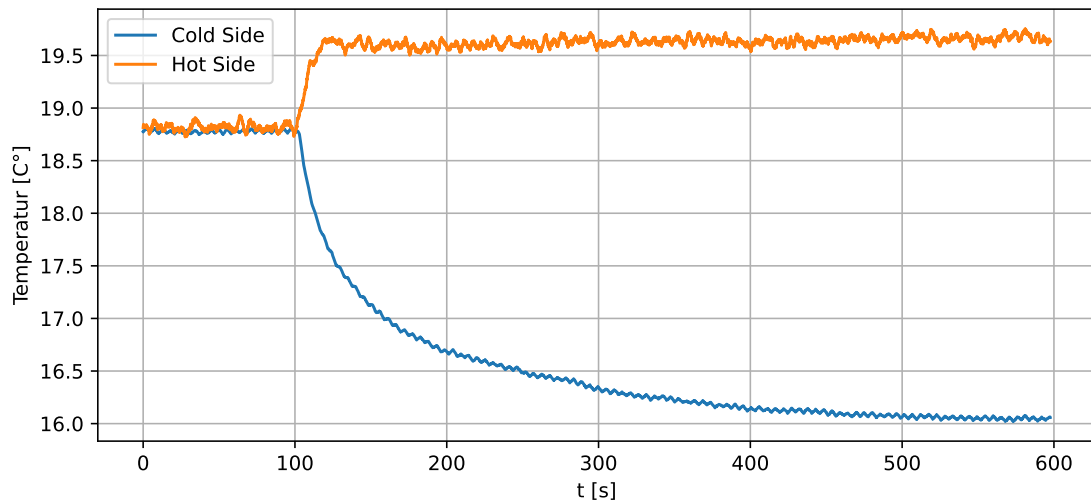


Abbildung 4.1: stepFührungsgröße

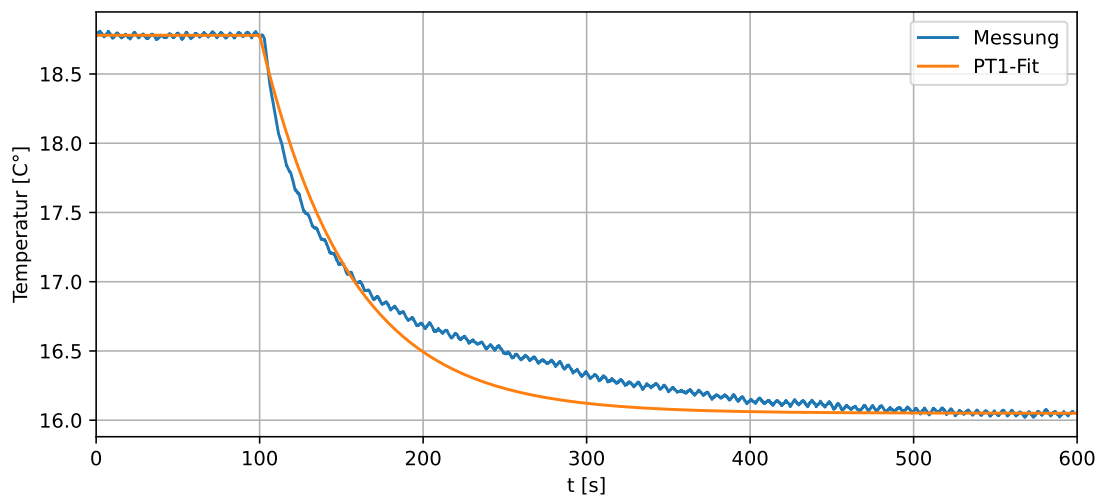


Abbildung 4.2: stepFührungsgrößePT1Fit

4.2 PI-Regler

Im folgendem soll ein geeigneter Regler gefunden werden.

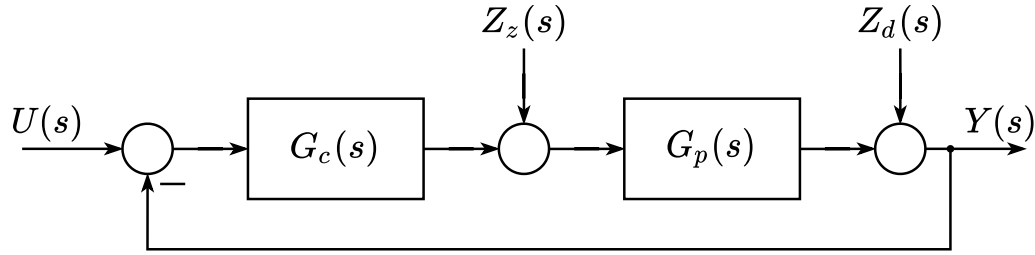


Abbildung 4.3: Regelkreis

Für die zu regelnde Strecke wird ein PT1 Glied mit der folgenden Form angenommen.

$$G_P(s) = K_P \frac{T_N}{s + T_N} \quad (4.1)$$

Die Strecke wird über die stationäre Verstärkung K_P und die Zeitkonstante T_N parametrisiert, die bereits aus der Messung des Führungseinheitssprungs bekannt sind. Der geschlossene Regelkreis soll einen bleibenden Regelfehler vermeiden und als Führungssprung mit einem frei wählbaren PT1 verhalten antworten. Für die Reglerstruktur werden dementsprechend eine Nussstelle, zum kompensieren der Eigendynamik, und ein Integrator, für die bleibende Regelabweichung, benötigt. Die geforderte Struktur ist durch einen PI-Regler realisierbar.

$$G_c(s) = K_C \frac{s + \beta}{s} \quad (4.2)$$

Ziel ist es die Eigendynamik des Systems zu kompensieren und ein frei bestimmbares PT1 Verhalten vorzugeben. Für die Kompensation des Pols der Strecke wird die Nullstelle des Reglers verwendet. Es folgt also $\beta = T_N$. Damit ergibt sich der offene Regelkreis zu

$$L(s) = \frac{K_C K_P T_N}{s} \quad (4.3)$$

Da der offene Regelkreis ein Integrator aufweist gilt

$$e_\infty = 0 \quad (4.4)$$

Der geschlossene Regelkreis ergibt sich zu

$$T(s) = \frac{L(s)}{1 + L(s)} = \frac{K_C K_P T_N}{s + K_C K_P T_N} \quad (4.5)$$

Mit K_C als frei wählbarer Parameter kann eine beliebiges PT1 verhalten vorgegeben werden. Da für gewöhnlich ein rein statischer Sollwert vorgegeben wird, sind die Störübertragungsfunktionen von größerer Bedeutung. Da die erwartete Störgröße an dem Strecken-

ausgang wirkt soll im folgendem die Störübertragung betrachtet werden.

$$\frac{Y}{Z_d} = \frac{s}{s + K_C K_P T_N} \quad (4.6)$$

Es ist ersichtlich, dass für $t \rightarrow \infty$ die Störgrößeneinwirkung vollständig kompensiert wird. Die Dynamik der Störübertragung kann durch Vorgabe von K_C Parametriert werden. Da es sich um einen 1-DOF (degree of freedom) Regler handelt, kann kein individuelle Übertragungsfunktion für Führungs- und Störverhalten gefunden werden. Die Verwendung eines 2-DOF Regler ist nicht Notwendig da nur das Störverhalten von Interesse ist. Die folgende Abbildung zeigt die wirkende Störgröße am Streckenausgang mit einer Übertragungsfunktion $G_z(s)$.

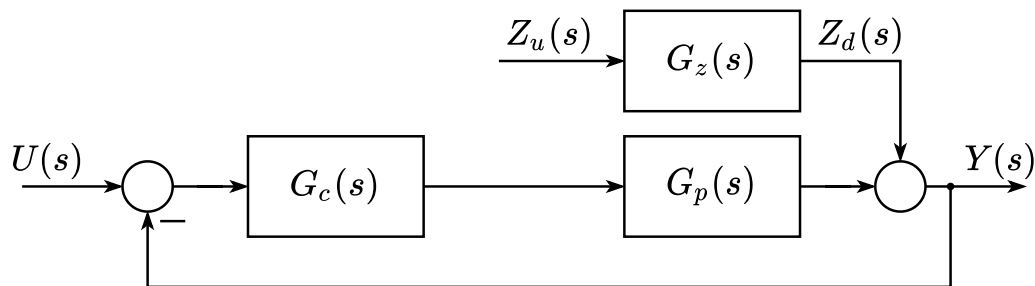


Abbildung 4.4: Regelkreis mit wirkender Störgröße

Falls die Störgröße $Z_u(s)$ und die Übertragungsfunktion $G_z(s)$ bekannt sind kann die Störgröße vollständig kompensiert werden.

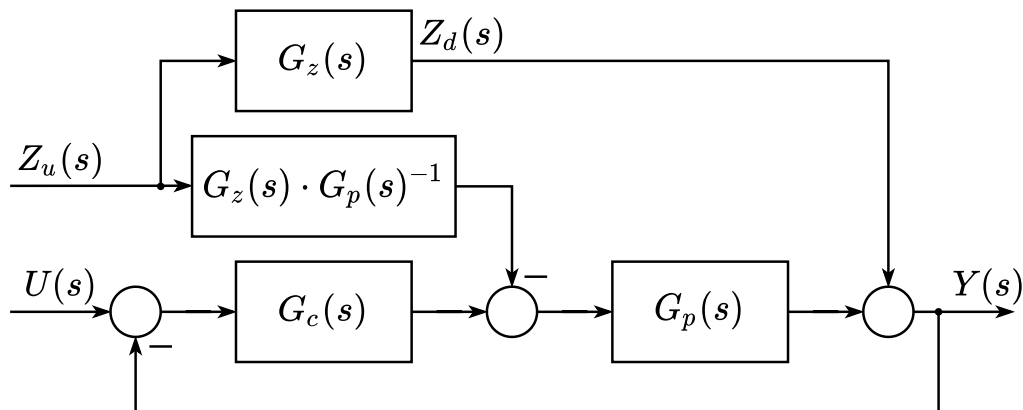


Abbildung 4.5: Regelkreis mit kompensierter Störgröße

5 Evaluation

6 Fazit und Ausblick

Abbildungsverzeichnis

2.1	PT1-Struktur	3
4.1	stepFührungsgröße	6
4.2	stepFührungsgrößePT1Fit	6
4.3	Regelkreis	7
4.4	Regelkreis mit wirkender Störgröße	8
4.5	Regelkreis mit kompensierter Störgröße	8

Literaturverzeichnis

Lunze, J. (2010). *Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Lunze, J. (2014). *Regelungstechnik 2: Mehrgrößensysteme, Digitale Regelung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.