

Elektronikpraktikum Auswertung: Versuchstag 5

Sensorik, Steuerung und Regelung

Gruppe 01
Patrick Heuer
Benjamin Lotter

Übersicht

1 Sensoren

- Einführung
- Temperatursensoren: PTC- und NTC-Thermistoren
- LDR (light dependent resistor)
- Photodiode
- Druck-/Kraftsensor

2 PID-Regler

- Einführung
- Manuelle REgelung: Kriterien für die Bestimmung der Stellgröße
- P-Regler
- I-Regler
- PI-Regler
- D-Regler
- PD-Regler
- PID-Regler

Übersicht

1 Sensoren

- Einführung
- Temperatursensoren: PTC- und NTC-Thermistoren
- LDR (light dependent resistor)
- Photodiode
- Druck-/Kraftsensor

2 PID-Regler

- Einführung
- Manuelle REgelung: Kriterien für die Bestimmung der Stellgröße
- P-Regler
- I-Regler
- PI-Regler
- D-Regler
- PD-Regler
- PID-Regler

Einführung

Versuchsziel

- Untersuchen des Verhaltens verschiedener Messwiderstände



Thermistoren

Aufgabenstellung

- Messen des Verhaltens bei
 - Raumtemperatur
 - Erwärmung durch Reibung
 - Anschluss an Konstantstromquelle



Bestimmung der Temperatur

Problem:

- PTCs nicht benannt

Bestimmung der Temperatur

Problem:

- PTCs nicht benannt

Thermistor	Widerstand
PTC: "langer" Streifen	$1.10k\Omega$
PTC: "kurzer" Streifen	$0.11k\Omega$
NTC: M87/G350 10k	$10.5k\Omega$

Bestimmung der Temperatur

Problem:

- PTCs nicht benannt

Thermistor	Widerstand
PTC: "langer" Streifen	$1.10k\Omega$
PTC: "kurzer" Streifen	$0.11k\Omega$
NTC: M87/G350 10k	$10.5k\Omega$

- langer Streifen: PTC1000
- kurzer Streifen: PTC100

Bestimmung der Temperatur

Thermistor	$R_{DMM}/k\Omega$	$T/^{\circ}C$
PTC1000	1.10	26
PTC100	0.11	26.85
NTC: M87/G350 10k	10.5	25

Verhalten bei Reibung

Thermistor	Verhalten
PTC1000	R steigt
PTC100	R steigt
NTC: M87/G350 10k	R sinkt

Verhalten bei Reibung

Thermistor	Verhalten
PTC1000	R steigt
PTC100	R steigt
NTC: M87/G350 10k	R sinkt

Erklärung

- PTC sind Kaltleiter: schlechtere Leitung bei hohen Temperaturen
- NTC sind Heißeleiter: bessere Leitung bei hohen Temperaturen

Anschluss an Konstantstromquelle

Thermistor	U/V	I/A	$R_{ber}/k\Omega$	$T_{ber}/^{\circ}C$
PTC1000	12.5	0.010	1.25	64
PTC100	1.16	0.010	0.12	41.85
NTC: M87/G350 10k	16.8	0.010	1.68	80

Konstantstrom erwärmt Widerstände → ungeeignet!

Verhalten des NTCs:

- U steigt auf 23V
- I steigt bis 10mA
- danach Abfall auf Messerte
- Erklärung: Aufwärmphase in der NTC höheren Widerstand hat

Auswertung

Thermistor	$R_{DMM}/k\Omega$	$T_{DMM}/^{\circ}C$	R_{ber}/Ω	$T_{ber}/^{\circ}C$
PTC1000	1.10	26	1.25	64
PTC100	0.11	26.85	0.12	41.85
NTC: M87	10.5	25	1.68	80

Messung des Widerstands

- Konstantstromquelle

LDR

Aufgabenstellung

- Widerstandsmessung bei Verdunkeln
- Dämmerungsschaltung



Verdunkeln

	$R/k\Omega$	Lichstärke/ Lux
normale Beleuchtung	0.34	≈ 1000
Verdunkeln	70	≈ 0.5

- LDR erhöht Widerstand bei Abdunkelung

Sehr hohe Widerstände bei starker Verdunkelung $R \approx 2.5M\Omega$ beobachtet

Dämmerungsschaltung

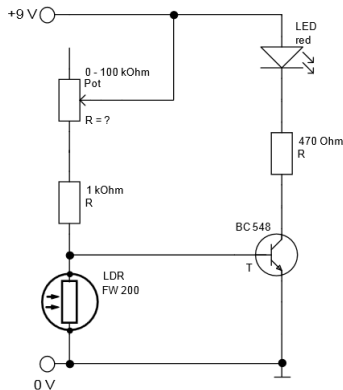
Wann leuchtet LED in der Nacht?

- Spannungsabfall an Transistor (über $R_{pot} + 1k\Omega$) $U_{BE} \geq 0.58V$ um Transistor zu schalten

$$\frac{U_{BE}}{U_{LDR}} = \frac{R_{Pot} + 1k\Omega}{R_{LDR}}$$

$$R_{pot} = \frac{U_{BE}}{U_{LDR}} \cdot R_{LDR} - 1k\Omega$$

$$= \frac{0.58V}{8.42V} 70k\Omega - 1k\Omega \geq 3.8k\Omega$$



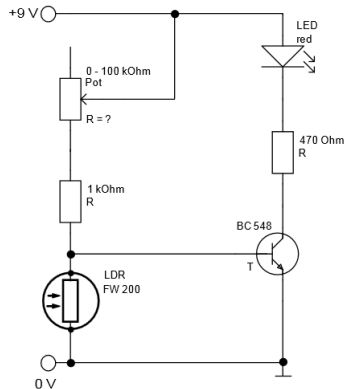
Dämmerungsschaltung

Funktionsweise

- LED leuchtet wenn

$$R_{pot} \geq \frac{0.58k\Omega}{8.42k\Omega} \cdot R_{LDR} - 1k\Omega$$

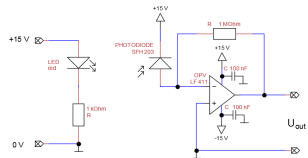
- je höher R_{pot} , desto insensitiver ist die Schaltung (höhere Variabilität bei R_{LDR})



Photodiode

Aufgabenstellung

- Untersuchung
 - der Lichtschranke
 - des Operationsverstärkers
 - der Störquellen



Messungen

	zur Wand	zur Fenster
offen	-3.1V	-3.6V
abgedeckt	-0.6V	-0.3V

Störquellen

- Störung durch
 - Sonnenlicht
 - 100Hz Wechselspannung → Leuchtstoffröhren
 - Schattenwurf durch Aufbau/Personen
- Lichtmessung nur in abgedunkeltem Raum/Kasten möglich oder
- Filterung der Störsignale

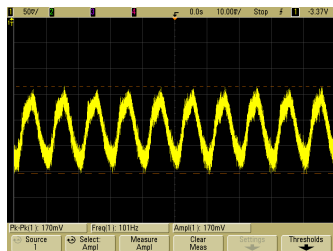


Figure: Signal mit Diode zum Fenster ausgerichtet

$$U_{out} = -\frac{R}{R_D} \cdot U_{in} \quad I_{in} = \frac{U_{in}}{R_D + R_2}$$
$$G = \frac{U_{out}}{U_{in}} = -R - \frac{R^2}{R_D}$$

mit

$$R = 1M\Omega$$

R_D = Widerstand der Photodiode

Druck-/Kraftsensor

Aufgabenstellung

- Vermessen des Drucksensors
- Bestimmung der unbekannten Masse

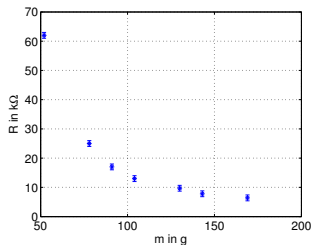
Messung

Bestimmung von ???

- Ungefähr $R \sim -\frac{1}{m}$
- Graphenfit
- durch Ablesen am Graphen

$$m_i = \frac{\frac{1}{R_i} - t}{s},$$
 t:Achsenabschnitt, s:Steigung
- durch Mittelung:

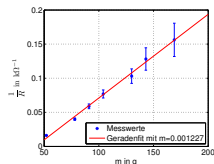
$$m_{???} = 40.85 \pm 2.84g$$



Fehler

- Fehler aus Standardabweichung:

$$\Delta m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$



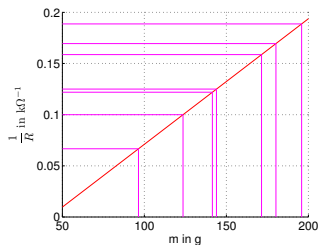
Messung

Bestimmung von ???

- Ungefähr $R \sim -\frac{1}{m}$
- Graphenfit
- durch Ablesen am Graphen

$$m_i = \frac{\frac{1}{R_i} - t}{s},$$
 t:Achsenabschnitt, s:Steigung
- durch Mittelung:

$$m_{???} = 40.85, 2.84g$$



Fehler

- Fehler aus Standardabweichung:

$$\Delta m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Übersicht

1 Sensoren

- Einführung
- Temperatursensoren: PTC- und NTC-Thermistoren
- LDR (light dependent resistor)
- Photodiode
- Druck-/Kraftsensor

2 PID-Regler

- Einführung
- Manuelle REgelung: Kriterien für die Bestimmung der Stellgröße
- P-Regler
- I-Regler
- PI-Regler
- D-Regler
- PD-Regler
- PID-Regler

Einführung:

Wiederholung PID-Regler

- P:

$$P = k_p(W - X)$$

- I

$$I = \frac{1}{t_i} \int_0^t (W - X) dt'$$

- D

$$D = t_d \frac{d(W - X)}{dt}$$

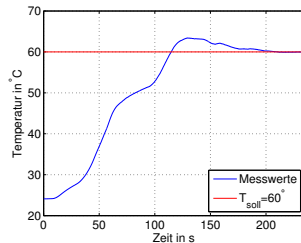
Versuchsziel

- Untersuchen bei manueller Regelung
- Untersuchen der P-, I-, D-Anteile der Rückkopplung

Manuelle Regelung

Kriterien der Regelung

- Absolute Position ($\hat{=}$ P Regelung)
- Steigung ($\hat{=}$ D Regelung)



P-Regler

Versuchsziel

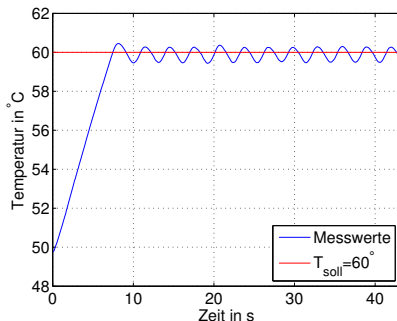
- Untersuchen verschiedener k_p Werte für P-Regler

P-Regler

$$k_p = 5$$

Verhalten

- Schrittgröße zu hoch
- konstantes "Über-/Unterspringen" des Limits

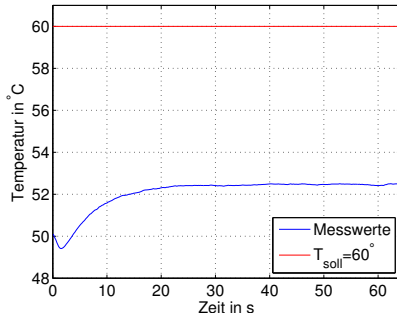


P-Regler

$$k_p = 5$$

Verhalten

- Schrittgröße zu klein
- Korrektur kann nicht für Wärmeabgabe kompensieren
- Stagnation weit unter Ziel

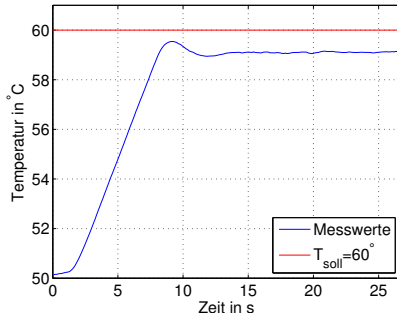


P-Regler

$$k_p = 5$$

Verhalten

- Schrittgröße liegt im Mittelbereich
- trotzdem Stagnation weit unterhalb Ziel

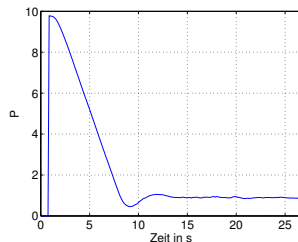
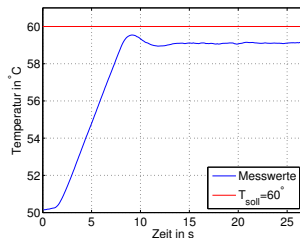


Wieso stagniert $k_p = 1$? unter dem Ziel

Verhalten

- P ist stets positiv
- P sinkt linear bis nah an $T = 60^\circ\text{C}$
- $P = K_p(W - X)$ wird zu klein um für Abkühlung zu kompensieren (vgl. $k_p = 0.1$)
- P schwingt zurück auf $T_0 < 60^\circ\text{C}$ und stagniert

P-Regulierung alleine kann niemals das Limit erreichen



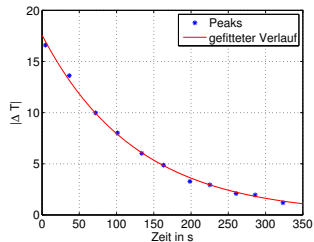
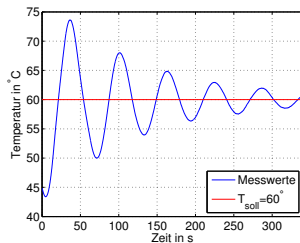
I-Regler

Versuchsziel

- Untersuchung der I-Regelung
- Untersuchung des "anti-wind-ups"

I-Regler

- Durch fit am Graphen
 - $|\Delta T| \leq 1K$ bei $t = 361s$
 - $|\Delta T| \leq 0.1K$ bei $t = 651s$



anti-Windup

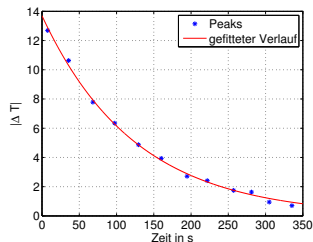
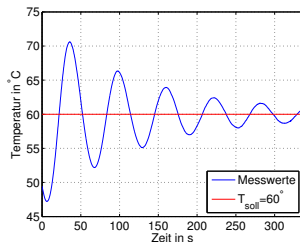
anti-windup

- AW-Funktion limitiert Werte so dass

- $P + I + D = I_{max}$
- $P + I + D = 0$

wenn sonst I_{max} überschritten würde

- Kurve läuft schneller gegen geringere Amplitudte



PI-Regler

Versuchsziel

- Untersuchung der PI-Funktion
- Variation von k_p

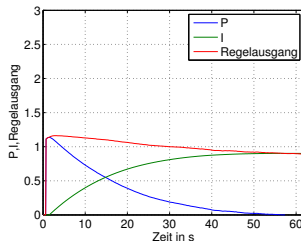
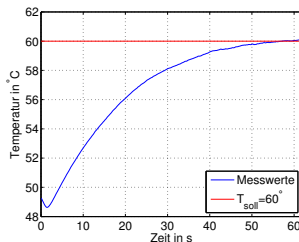
Messung

Beobachtung

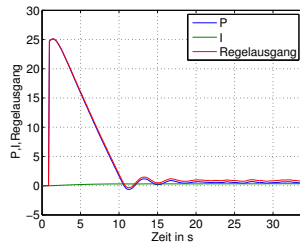
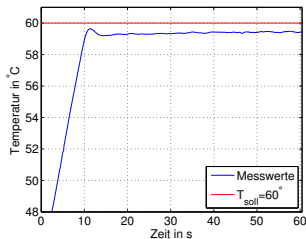
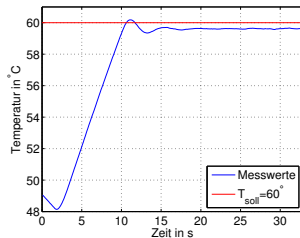
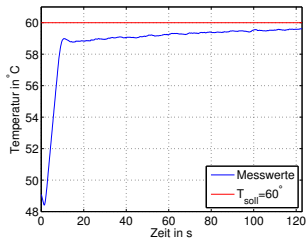
- Solltemperatur wird nach ca. 55 Sek erreicht
- besseres Ergebnis als nur durch P oder I

Regelung

- P-Regelung zum stellen Ansteuern
- I-Regelung zur "Feineinstellung"



Verschieden k_p Werte



D-Regler

Versuch

- Untersuchung des D-Reglers

D-Regler

Beobachtung

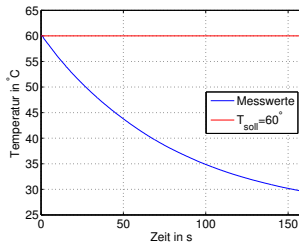
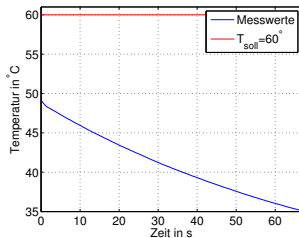
- T fällt in beiden Fällen stark ab

Erklärung

-

$$D = t_d \frac{d(W - X)}{dt} = \frac{-X}{dt}$$

- für $T > 0$ ist $D < 0$
- D-Regler "weiß nichts" vom Sollwert



PD-Regler

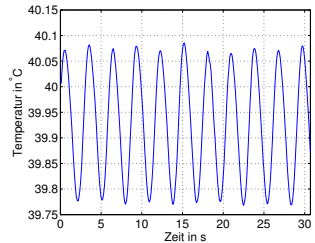
Versuch

- Zusammenspiel von P und D

Messung

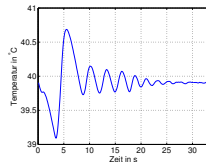
Problem

- Sehr starke Störungen
- Gründe
 - Platz an der Tür
 - Klimaanlage
- T pendelt sich nicht wirklich ein
- keine aufschlussreichen Messungen möglich



Messung

- ungedämpfte Schwingung ab ca. $k_p = 4.6$
- D-Regler dämpft Schwingung ab



PID-Regler

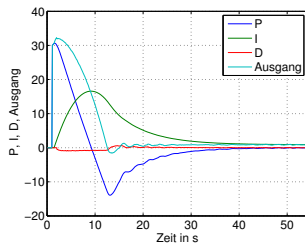
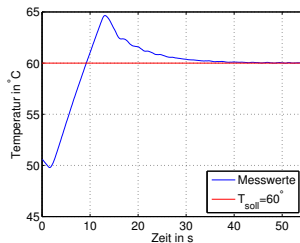
Versuch

- Verhalten mit Ziegler/Nichols Parameter
- Verhalten mit/ohne anti-wind-up
- Reaktion auf Störung

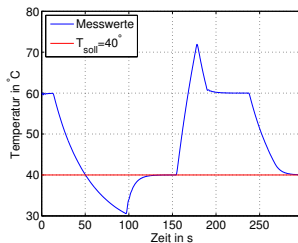
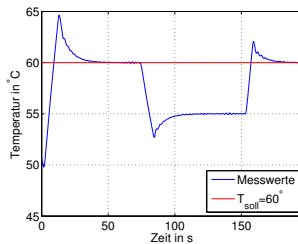
Ziegler/Nichols

Werte

- $k_p = 3, t_i = 2.5, t_d = 0,6$
- Einschwingzeit 60 – 55:
 $T_{60,55} = 51s$
- Einschwingzeit 55 – 60:
 $T_{55,60} = 39s$



Einschwingverhalten ohne/mit anti-wind-up



Störung

Einschwingzeit

- mit $k_p = 1, t_i = 1.5, t_d = 0.3$
Verbesserung der
Einschwingzeit auf 6s.

