

1. Einführung

In diesem Versuch geht es um den Entwurf einer optimierten Füllstands- und Heizungsregelung im Prozesstank eines geschlossenen Wasserkreislaufs anhand des bekannten BODE-Verfahrens.

Über die Prozessvisualisierung der SPS¹ können die verschiedenen Größen, wie Wassertemperatur oder Füllstand erfasst und gespeichert werden. Auf diese Weise ist es möglich, das Übergangsverhalten der Regelstrecken, d.h. entweder des Füllstands oder der Heizung, aufzuzeichnen.

Nach der entsprechenden Bearbeitung der Messdaten der aufgenommenen Sprungantwort können die charakteristischen Daten der Regelstrecke ermittelt werden. Mit Hilfe des BODE-Verfahrens werden dann geeignete Regelparameter für die Füllstands- oder die Heizungsregelung berechnet.

Die theoretisch ermittelten Regelparameter können schließlich im praktischen Versuch an der Anlage erprobt und möglichst verbessert werden, wobei die Versuchsergebnisse wiederum über die Prozessvisualisierung erfasst und abgespeichert werden können.

2. Versuchsanordnung - Beschreibung der Anlage

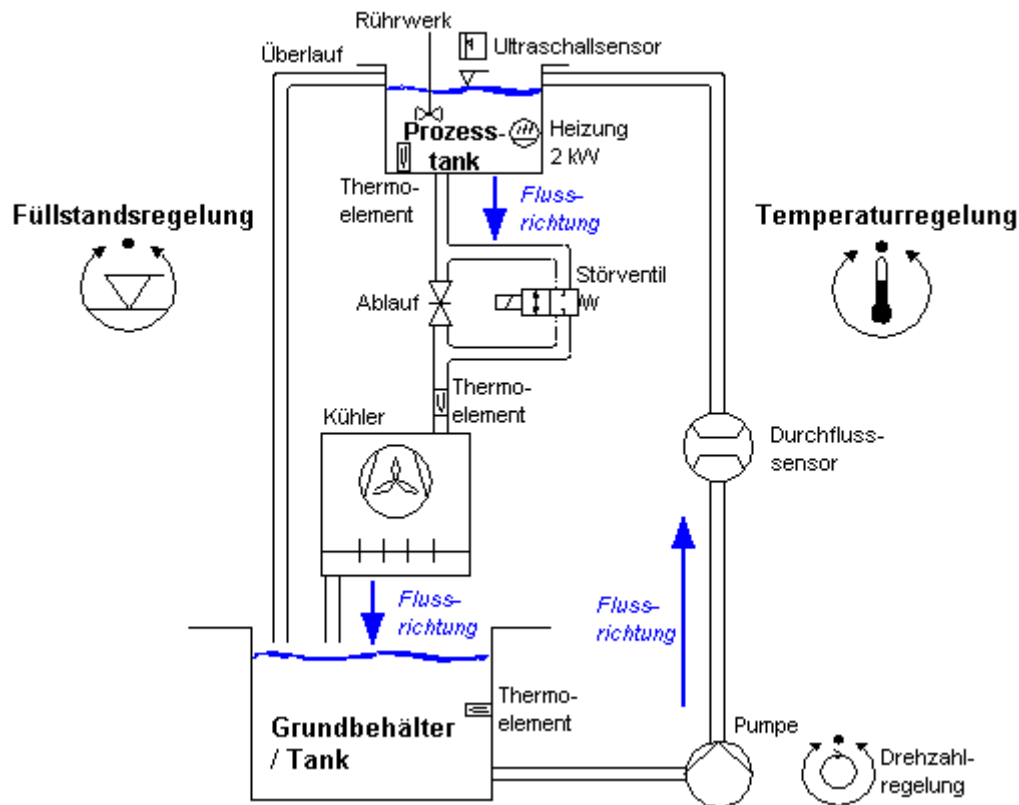


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau mit allen Aktuatoren und Sensoren

Der Versuch besteht aus dem Wasserkreislauf mit verschiedenen Sensoren und Aktuatoren, einer Siemens SPS STEP 7-300 und einem angeschlossenen PC mit der Prozessvisualisierungssoftware WinCC.

Mit einer Pumpe wird die Wassermenge, die in den Prozesstank strömt, reguliert. Die Versorgungsspannung der Pumpe ist damit die Stellgröße im Füllstandsregelkreis. Stellgröße im Heizungsregelkreis ist die über PWM getaktete Heizung. Ein Kühler wird bei Betrieb der Heizung aktiviert, um das Wasser nach dem Aufheizen im Prozesstank wieder auf anähernd Ausgangstemperatur zurückzukühlen.

¹ SPS = Speicher-Programmierbare Steuerung, in diesem Versuch eine Siemens Simatic Step 7-300.

2.1. Prozesstank

Aus dem Prozesstank fließt das Wasser über ein manuell zu bedienendes Ventil mit verringerter Querschnittsöffnung ab. Zusätzlich kann ein Magnetventil geöffnet werden, um den Abfluss zu beschleunigen, bzw. die Füllstands- und damit auch die Heizungsregelung zu stören (Störgröße Z). Ein Überlauf, sowie eine Füllstandsbegrenzung im SPS-Programm verhindern das Überfließen des Prozesstanks falls ein zu großer Zuflussstrom eingestellt wird.

2.2. Heizung

Die Heizung im Prozesstank hat eine max. Leistung von 2000 W. Als Stellgröße im Heizungsregelkreis wird mit der Heizleistung in [%] gerechnet. Aus Sicherheitsgründen kann die Heizung nur aktiviert werden, wenn der Wasserfüllstand im Prozesstank größer als 150 mm ist, bzw. alle Temperaturen im Wasserkreislauf unter 50°C liegen.

2.3. Steuerung und Regelung

Die Steuerung und die Regelung wird von der SPS übernommen, die dabei die folgenden Aufgaben erfüllt:

- Regelung des Wasserfüllstands: **Füllstandsregelung**
- Regelung der Temperatur: **Heizungsregelung**
- Steuerung der Wasserkühlung: **Kühlung**
- Manuelle Bedienung folgender Aktuatoren (z.B. im reinen Handbetrieb):
 - * Magnetventil, * Kühler,
 - * Pumpe, * Rührwerks-Motor.
 - * Heizung,
- Einlesen und Abspeichern der Messwerte von den LCD-Displays: **Temperaturmessung**
 - * Temperatur im Prozesstank,
 - * Temperatur im Grundbehälter,
 - * Temperatur am Kühlereingang

Wichtig für den Versuch ist die Temperatur im Prozesstank, als Regelgröße im Heizungsregelkreis, sowie die Temperatur im Grundbehälter, da diese im Laufe des Versuchs trotz Kühlung zunehmen kann, so dass die allgemeine Temperaturerhöhung berücksichtigt und vom Ergebnis abgezogen werden sollte.
- * Wasserfüllstand über den Ultraschallsensor **Füllstandsmessung**
- Ausgabe von Daten auf den LCD-Displays
 - * Heizleistung
- Visualisierung der Prozessgrößen über die Visualisierungssoftware WinCC am PC-Monitor.

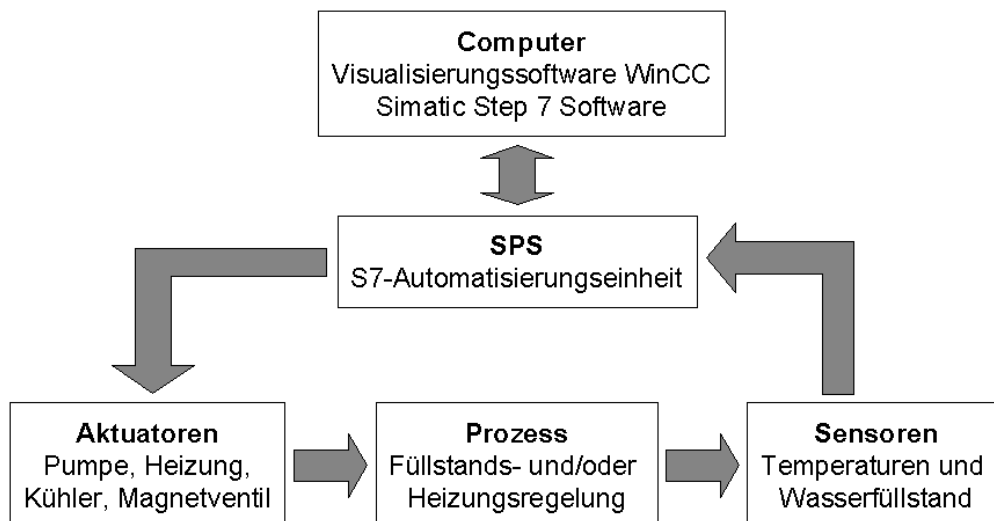


Abb. 2: Funktionsdiagramm der Füllstands- und Heizungsregelung

Mittels der Prozessvisualisierung, die unter der Siemens Software *WinCC* läuft (siehe Startseite Abb. 3), wird die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine hergestellt. Über eine PCI-Interface-Karte von Siemens erfolgt die Kommunikation zwischen der SPS und dem PC.

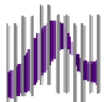
Versuch 5: Füllstands- und Heizungsregelung

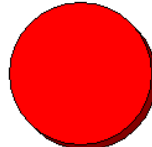
Handbetrieb - Offener Regelkreis
Keine Füllstands- oder Heizungsregelung

Füllstandsregelung (P- und PI-Regler)
Offener Regelkreis der Heizungsregelung

Füllstandsregelung (P- und PI-Regler)
Heizungsregelung (P- und PI-Regler)

Fachhochschule
Ravensburg - Weingarten
Labor Regelungstechnik





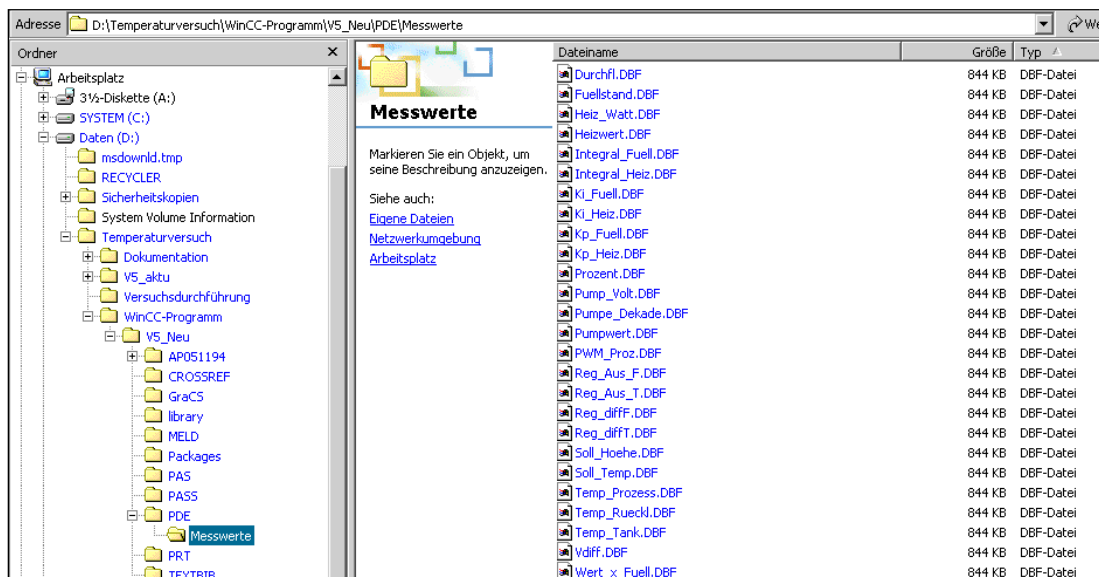
NOT-AUS

Auswählen der gewünschten Funktion durch
Doppelklicken auf entsprechendes Feld.

Versuch beenden

Abb. 3: WinnCC-Visualisierung - Startseite

Alle relevanten Daten werden kontinuierlich in einer Datenbank aufgezeichnet und einzeln in Dateien im dBase-III-Format abgespeichert². Der Inhalt der Datenbank umfasst dabei die letzten 5 Stunden der Arbeit mit WinCC (18.000 Messwerte bei 1 Messwert/sek.). Die Auswertung der Daten erfolgt mit Hilfe von Microsoft Excel. Vorgefertigte Excel-Makros erleichtern dabei die Arbeit der Auswertung³.



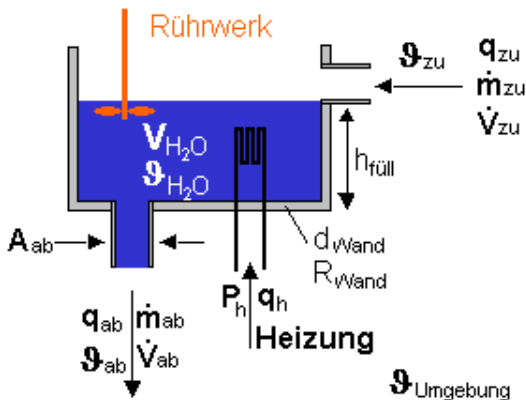
Ordner	Dateiname	Größe	Typ
	Durchfl.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Fuellstand.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Heiz_Watt.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Heizwert.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Integral_Fuell.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Integral_Heiz.DBF	844 KB	DBF-Datei
	KI_Fuell.DBF	844 KB	DBF-Datei
	KI_Heiz.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Kp_Fuell.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Kp_Heiz.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Prozent.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Pump_Volt.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Pumpe_Dekade.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Pumpwert.DBF	844 KB	DBF-Datei
	PWM_Proz.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Reg_Aus_F.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Reg_Aus_T.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Reg_diff.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Reg_diffT.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Soll_Hoehe.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Soll_Temp.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Temp_Prozess.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Temp_Rueckl.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Temp_Tank.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Vdiff.DBF	844 KB	DBF-Datei
	Wert_x_Fuell.DBF	844 KB	DBF-Datei

Abb. 4: Liste der von WinCC erzeugten DBF-Dateien

² Zu finden im Verzeichnis: D:\Temperaturversuch\WinCC-Programm\V5_Neu\PDE\Messwerte (siehe Verknüpfung auf Desktop)

³ Aufruf der Excel-Makros nach Öffnen einer neuen Excel-Datei unter „Extras“ → „Makro“ → „Makro ...“

3. Theoretische Grundlagen der Füllstands- und Heizungsregelung



Maße (Prozesstank):

Maße (Prozesstank):

Durchmesser:	140 mm ²
Füllhöhe (h _{füll}):	170 mm
Innenvolumen (Π·r ² ·h _{füll}):	2.6 l
Wanddicke (d _{wand}):	5 mm
Wandvolumen (V _{wand}):	0.4 l
Abflussvolumen (V _{ab})*:	1.45 l / min
Abflussquerschnitt (A _{ab})*:	7 mm ²

* bei ganz geöffnetem manuellem Ventil

Weitere Werte:

Spez. Wärmekapazität - Wasser (c _{H2O}):	4.182 kJ / (kg·K)
Dichte - Wasser bei 20°C (ρ _{H2O}):	998 kg / m ³
Spez. Wärmekapazität - Plexiglas (c _{wand}):	1.7 kJ / (kg·K)
Dichte - Plexiglas bei 20°C (ρ _{wand}):	1200 kg / m ³
Max. Heizleistung (P _h):	2000 W

Abb. 5: Modell zur Leistungsbilanz im Prozesstank inklusive physikalischer Größen

3.1. Allgemeine Angaben zur Füllstandsregelung

Der Wasserpegel im Prozesstank soll im Bereich von h = 160mm - 180 mm geregelt werden, idealer Arbeitspunkt ist ein Füllstand von h = 170 mm. Der Zulauf in den Prozesstank wird über die Leistung der Pumpe verändert, deren Spannung über die SPS geregelt wird. Über ein manuelles Ventil kann die Abflussgeschwindigkeit vermindert werden, bei offenem Ventil gilt jedoch das oben genannte Abflussvolumen. Die Wasserfüllstandshöhe wird mittels Ultraschallsensor erfasst. Die Abtastzeit der Messwerterfassung liegt bei T_A = 1s.

Da die Abflussgeschwindigkeit aufgrund des gleichbleibenden Querschnitts A_{ab} der Ausflussöffnung im zu regelnden Bereich der Füllstandshöhe relativ konstant bleibt, ist die Volumenabnahme im Prozesstank nahezu linear. Der Wasserfüllstand im Prozesstank wird mittels experimentell ermitteltem PI-Regler auf konstantem Niveau gehalten. Etwaige Abweichungen der Regelgröße „Füllstand“ liegen im Bereich der Messungenauigkeit des Ultraschallsensors (z.B. unvermeidbare leichte Wellenbewegungen auf der Wasseroberfläche im Prozesstank).

Da eine geregelte Wasserhöhe für die Optimierung der Heizungs- bzw. Temperaturregelung vorausgesetzt wird, sollen alle Versuche mit laufender Füllstandsregelung durchgeführt werden. Die Parameter für die Füllstandsregelung werden vorgegeben (so genannte „Einstellungen Arbeitspunkt“). Detaillierter wird im Rahmen dieser Übung auf die Füllstandsregelung nicht eingegangen.

3.2. Allgemeine Angaben zur Heizungsregelung

In Abb. 5 ist ein Modell zur Leistungsbilanz im Prozesstank dargestellt. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:


Erhöhung der im Prozesstank gespeicherten Wärmeenergie pro Zeit	=	Zugeführte – abgeführte Wärmeenergie pro Zeit	+	Zugeführte elektrische Leistung
$c_{H2O} \cdot m_{H2O} \cdot \frac{d\vartheta_{H2O}}{dt} + c_w \cdot m_w \cdot \frac{d\vartheta_w}{dt} = (\dot{m}_z \cdot c_{H2O} \cdot \vartheta_z - \dot{m}_a \cdot c_{H2O} \cdot \vartheta_a) + P_H$				

Vereinfachende Annahmen: $\vartheta_{H2O} \approx \vartheta_w \approx \vartheta_a$ / $b_n \vartheta_z \approx \frac{k}{d} \cdot b$ $\dot{m}_z \approx \dot{m}_a \approx k_b \cdot s$

mit: ϑ_{H2O} = Temperatur des Wassers im Prozesstank

ϑ_{wand} = Temperatur der Plexiglas-Wände des Prozesstankbeckens

Für die Berechnung der in der Plexiglaswand gespeicherten Energie wird die Füllstandshöhe von h = 170 mm eingesetzt.

Hochschule Ravensburg-Weingarten	Versuch Nr. 4	30.09.2019	
Labor Regelungstechnik	Füllstands- und Heizungsregelung mit SPS		

Verluste durch Wärmeübergang an die Luft werden nicht berücksichtigt.

3.2.1. P-Regler

Beim P-Regler wird im SPS-Programm einfach die Temperaturdifferenz zwischen Soll- und Ist-Wert der Regelgröße mit dem eingegebenen Verstärkungsfaktor K_P bzw. K_R multipliziert:

$$u_k = K_P * e_k \quad \text{mit } K_P = K_R \quad k=0, 1, 2, \dots$$

e_k : Regeldifferenz zu den entsprechenden Abtastzeitpunkten

3.2.2. PI-Regler

Für den PI-Regler wird die folgende Form vorausgesetzt, die es auch bei der Berechnung in MATLAB einzusetzen gilt:

$$G_R = \frac{u}{e} = K_P + \frac{K_I}{s} = K_R \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot T_N}\right) = K_R \cdot \frac{1 + s \cdot T_N}{s \cdot T_N}$$

daraus folgt: $K_R = K_P$ und $T_N = \frac{K_P}{K_I}$

K_R : Reglerverstärkung / T_N : Nachstellzeit

bzw. $K_P = K_R$ und $K_I = \frac{K_R}{T_N}$ **Regelparameter zur Eingabe in WinCC**

Im Programm für die Füllstandregelung wird für den PI-Regler folgender Regelalgorithmus verwendet:

$$u_k = K_P * e_k + K_I * T_A * \sum_{i=0}^{k-1} e_i \quad k=0, 1, 2, \dots$$

mit e_k : Regeldifferenz zu den entsprechenden Abtastzeitpunkten

4. Vorbereitung

Aufgabe 1: Leiten Sie aus dem gegebenen Leistungsbilanzmodell des Wärmetauschers unter 3.2 die Übertragungsfunktion (Frequenzgang) der Regelstrecke für die Heizungsregelung ab.

Aufgabe 2: Berechnen Sie anhand des Frequenzgangs und den gegebenen Größen aus Abb. 5 die charakteristischen Parameter des angenäherten PT1-Glieds, K und T_S . Die Proportionalverstärkung der Strecke K_S soll dabei auf die Maximalwerte normiert werden:

$$G_S = \frac{u}{e} = \frac{\mathcal{G}(s)}{P(s)} = \frac{K}{1 + s \cdot T_S}$$

dabei gilt: $G_S(t \rightarrow \infty) = K = \frac{u}{e} = \frac{d\mathcal{G}(t \rightarrow \infty)}{d \quad l}$


Normierung auf Maximalwerte:

$$\frac{d\mathcal{G} / \mathcal{G}_{M \text{ a x}}}{d \quad P / P_{M \text{ a x}}} = \frac{K}{1 + s \cdot T_S} \cdot \frac{P_{m \text{ a}}}{\mathcal{G}_{m \text{ a}}} \quad \text{mit } P_{Max} = 2000 \text{ W, } \mathcal{G}_{Max} = 50^\circ\text{C}$$

$$\frac{d\mathcal{G} / \mathcal{G}_{M \text{ a x}}}{d \quad P / P_{M \text{ a x}}} = \frac{K_S}{1 + s \cdot T_S} \quad \text{mit } K_S = K \cdot \frac{P_{m \text{ a}}}{\mathcal{G}_{m \text{ a}}} \cdot \frac{d\mathcal{G}}{d} \cdot \frac{P_m}{\mathcal{B}_m}$$

ACHTUNG: Da es sich bei den Temperaturwerten um Differenzen handelt, kann in [°C] gerechnet werden.

Bitte keine Umrechnung der Temperaturen von [°C] in [K].

Hochschule Ravensburg-Weingarten	Versuch Nr. 4	30.09.2019	
Labor Regelungstechnik	Füllstands- und Heizungsregelung mit SPS		

Aufgabe 3: Bereiten Sie sich auf den Reglerentwurf anhand des BODE-Diagramms vor⁴:

- Erstellen Sie das BODE-Diagramm (Matlab, o.ä.) für die gegebene Strecke, bestehend aus dem angenäherten PT1-Glied mit den errechneten Werten für K_S und T_S aus Aufgabe 2, sowie einem Totzeitglied mit einer Totzeit von $T_T = 20$ sec.. Bitte Einzelstrecken (PT1-Glied und Totzeit), sowie Gesamtstrecke darstellen.
- Bitte berechnen Sie jeweils die charakteristischen Größen im BODE-Diagramm für das PT1-Glied (Eckfrequenz ω_E) und das Totzeitglied (kritische Frequenz ω_{krit}).
- Wie sieht jeweils das BODE-Diagramm für die Dimensionierung eines P- und eines PI-Reglers für einen Regelkreis bei obiger Strecke aus? Verwenden Sie dazu für den PI-Regler die Gleichung aus 3.2.2, die bereits an die Programmierung der SPS angepasst ist. Bitte Einzelstrecken (PT1- Glied und Totzeit), Regler, sowie Gesamtstrecke mit Regler darstellen.
- Wie ist die Nachstellzeit des PI-Reglers zu wählen? Erklären Sie kurz anhand des BODE-Diagramms der Strecke und des PI-Reglers, wann die Nachstellzeit richtig gewählt ist. Wie kann man vereinfacht den Phasengang von Gesamtstrecke mit PI-Regler beschreiben?
- Welche Reglerparameter ergeben sich jeweils für einen optimierten P-Regler bei einem Phasenrand von 45° und einen PI-Regler bei einem Phasenrand von 60° (unter Matlab „MARGIN“-Befehl verwenden⁵)?

5. Versuchsdurchführung

5.1. Aufnahme der Übergangsfunktion und Ermitteln des Frequenzgangs

Aufgabe 4: In der Praxis erfolgt eine näherungsweise Ermittlung des Frequenzgangs eines Systems häufig durch messtechnische Aufnahme der Sprungantwort eines Systems. Durch Normierung auf die Sprunghöhe der Systemeingangsgröße erhält man hieraus die Übergangsfunktion, welche bei einfachen Systemen, wie z.B. in dieser Übung, häufig als Verzögerungsverhalten erster Ordnung (PT1) mit Totzeit angenähert werden kann. Mit den Parametern der Modellübergangsfunktion kann man damit auch näherungsweise den zugeordneten Frequenzgang des Systems angeben und somit eine erste Dimensionierung des Reglers im Bodediagramm durchführen.

- Nehmen Sie die Übergangsfunktion der Regelstrecke mit Hilfe der Funktion „Füllstandsregelung – Offener Regelkreis der Heizungsregelung“, vgl. Abb. 6, auf. Die Füllstandsregelung kann nach vorherigem Anklicken von „Einstellungen Arbeitspunkt laden“ gestartet werden.
Sobald der gewünschte Füllstand (wenn nichts anderes vorgegeben wird: 170 mm) erreicht ist und die Temperatur im Prozesstank konstant bleibt (Starttemperatur bitte notieren), kann die Heizung aktiviert werden. Die Heizleistung sollte vorher auf 60% (entspricht 1200 W) eingestellt werden (alle Eingaben mit der <ENTER>-Taste abschließen).
Zeitdauer bis zum Erreichen eines stabilen Endwertes: ca. 20 - 30 Min., die Erwärmung der Wassermenge im Grundbehälter darf nicht berücksichtigt werden, da sie später abgezogen wird.
- Mit Hilfe von Microsoft Excel werden die Messdaten ausgewertet. Verwenden Sie dazu das Makro „V5_01_Heizungsregelung_Sprungantwort“, welches Sie unter unter „Extras“ → „Makro“ → „► Makro ...“ finden.
Vergrößern Sie bitte den relevanten Teil der Temperaturkurve formatfüllend, z.B. durch Ändern der Achsenskalierung mittels rechten Mausklicks auf die jeweilige Achse, bevor Sie die Grafik ausdrucken.

⁴ Siehe auch Skript „Einführung in das Programm MATLAB / SIMULINK“, Kap. 4.

⁵ Siehe auch Skript „Einführung in das Programm MATLAB / SIMULINK“, Anhang 2.

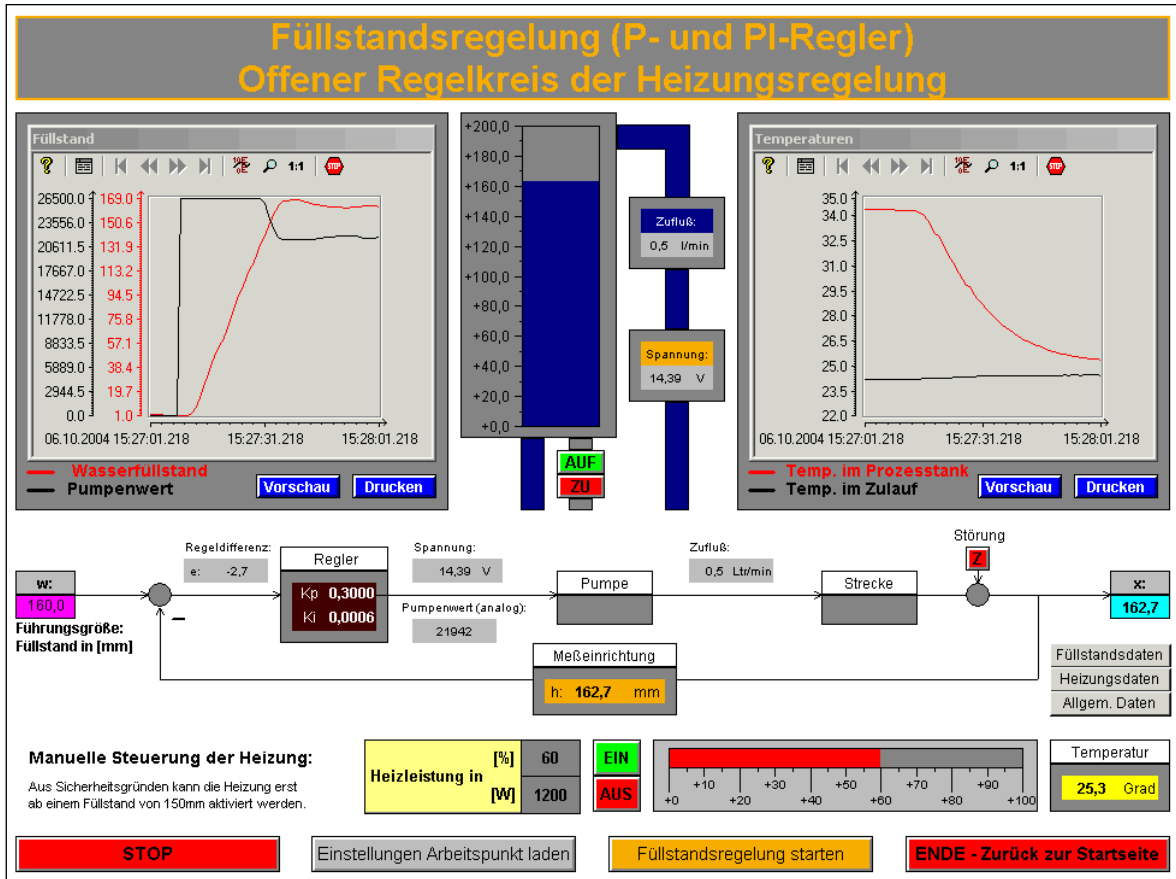


Abb. 6: WinnCC Oberfläche „Füllstandsregelung – Offener Regelkreis der Heizungsregelung“

- c) Ermitteln Sie aus der bearbeiteten Temperaturdifferenzkurve die charakterisierenden Parameter der Übergangsfunktion, wenn diese durch ein Verzögerungsglied erster Ordnung mit Totzeit angenähert wird ($d\vartheta$, T_S und T_T). Die Totzeit T_T kann recht einfach aus der Tabelle der Messwerte herausgelesen werden (Zeit vom Einsetzen der Heizleistung bis Anstieg der Prozesstanktemperatur). Die Zeit, nach der die Sprungantwort 63% des Endwerts erreicht hat, entspricht der Streckenzeitkonstanten T_S . Dieses Verfahren liefert bessere Ergebnisse als das Anlegen der Tangente an die Temperaturkurve⁶. Aus der ermittelten Temperaturdifferenz zwischen Start- und Endtemperatur, $d\vartheta$, wird anhand der folgenden Gleichungen die Proportionalverstärkung der Strecke K_S ermittelt und analog zu Aufgabe 2 auf die Maximalwerte normiert:

$$G_S = \frac{u}{e} = \frac{\vartheta(s)}{P(s)} = \frac{K}{1 + s \cdot T_S}$$

Normierung auf Maximalwerte:

$$\frac{d\vartheta / \vartheta_{M \text{ a x}}}{d \frac{P}{P_{M \text{ a x}}}} = \frac{K}{1 + s \cdot T_S} \cdot \frac{P_{m \text{ a}}}{\vartheta_{m \text{ a}}} \quad \text{mit } P_{Max} = 100\%, \vartheta_{Max} = 50^\circ\text{C}$$

$$\frac{d\vartheta / \vartheta_{M \text{ a x}}}{d \frac{P}{P_{M \text{ a x}}}} = \frac{K_S}{1 + s \cdot T_S} \quad \text{mit } K_S = K \cdot \frac{P_{m \text{ a x}}}{\vartheta_{m \text{ a}}} \cdot \frac{d\vartheta}{d \vartheta_{m \text{ a}}}$$

und $dP = 60\%$, $d\vartheta$ ermittelt aus Sprungantwort

- d) Geben Sie die ermittelte Übergangsfunktion in MATLAB ein und berechnen Sie die Sprungantwort, sowie den Amplituden- und Phasengang der Strecke im BODE-Diagramm.

⁶ Vergleiche dazu „Taschenbuch der Regelungstechnik“ (Lutz / Wendt), S. 340f.

5.2. Reglerdimensionierung im Heizungsregelkreis

Am Beispiel einer Führungsregelung soll alternativ ein Regelkreis mit P- oder PI-Regler dimensioniert und getestet werden. Bei den durchzuführenden Messungen ist darauf zu achten, dass das System jeweils zu Beginn einer neuen Untersuchung einen stationären Zustand erreicht hat, d.h. der Wasserfüllstand im Prozesstank wird mit Hilfe der Füllstandsregelung konstant gehalten und die Ausgangstemperatur im Prozesstank hat sich auf einen relativ konstanten Wert eingependelt.

Bitte vor Beginn jeder Aufgabe die Starttemperatur $\vartheta_{\text{Grundbehälter}}$ (entspricht ϑ_{zu}) und $\vartheta_{\text{Umgebung}}$ notieren. Als Sollwert der Führungsregelung ist jeweils eine Temperatur von 35°C vorzugeben.

Aufgabe 5: Dimensionierung eines P-Reglers

- Ermitteln Sie mit Hilfe von MATLAB auf Basis des angenäherten Streckenfrequenzgangs den Wert K_p eines P-Reglers für einen Phasenrand von 45 Grad analog zu Aufgabe 3e).
- Nehmen Sie mit Hilfe der Funktion „Füllstands- und Heizungsregelung“, vgl. Abb. 7, das Übergangverhalten des Regelkreises mit dem dimensionierten P-Regler auf. Nach 10 - 15 Minuten hat sich normalerweise das System eingeschwungen, wenn die Reglerparameter ausreichend gut dimensioniert wurden.
- Sobald ein stabiler Zustand (relativ konstante Temperatur im Prozesstank) erreicht wird, soll eine Störung aufgebracht werden. Öffnen Sie dazu das magnetische Proportionalventil am Prozesstanks für 30 sec. durch Drücken der linken Maustaste auf den Block „Z“ im Füllstandsregelkreis der WinCC-Visualisierung (gedrückt halten). Bitte warten Sie anschließend ab, bis sich das System wieder eingeschwungen hat, bevor Sie die Regelung stoppen. Die Auswertung der Daten erfolgt wieder in Microsoft Excel mit Hilfe von Makros. Verwenden Sie in diesem Fall das Makro „V5_02a_Heizungsregelung_P_Auswertung“.

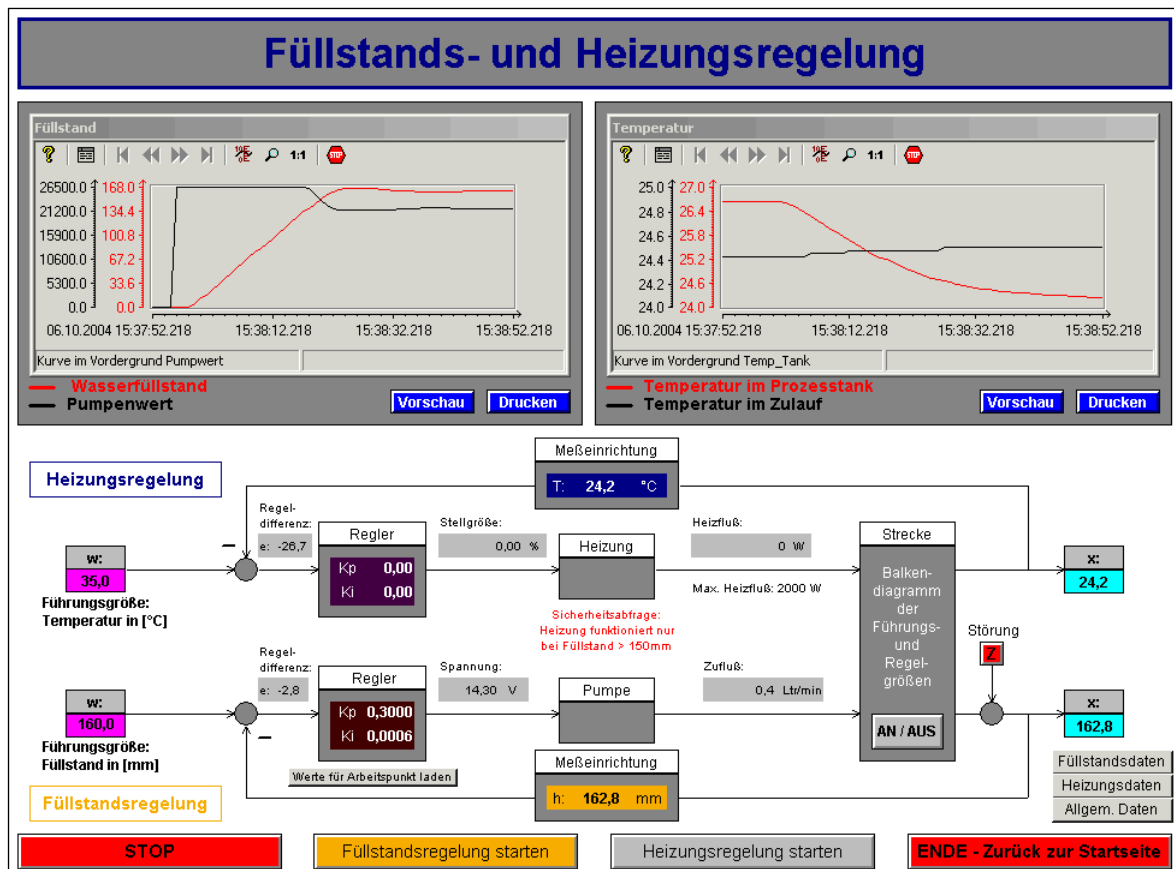



Abb. 7: WinCC-Visualisierung „Füllstands- und Heizungsregelung“

Hochschule Ravensburg-Weingarten	Versuch Nr. 4	30.09.2019	
Labor Regelungstechnik	Füllstands- und Heizungsregelung mit SPS		

Aufgabe 6: Dimensionierung eines PI-Reglers

- a) Ermitteln Sie – analog zu Aufgabe 3e) - auf Basis des angenäherten Strecken-
frequenzgangs den Wert K_R und T_N eines PI-Reglers für einen Phasenrand von 60 Grad.
Bitte verwenden Sie dazu die Gleichung für den PI-Regler aus 3.2.2, da diese auf die
Programmierung der SPS abgestimmt ist:

$$G_R = K_R \cdot \frac{1+s \cdot T_N}{s \cdot T_N}$$

- b) Nehmen Sie mit Hilfe der Funktion „Füllstands- und Heizungsregelung“ das
Übergangsverhalten des Regelkreises mit dem dimensionierten PI-Regler auf.
Bei ausreichend guter Berechnung der Reglerparameter sollte sich die gewünschte
Prozesstanktemperatur nach 10 – 15 Minuten eingestellt haben.
- c) Sobald ein stabiler Zustand (relativ konstante Temperatur im Prozesstank) erreicht wird, soll
wieder eine Störung von 30 sec. aufgebracht werden. Warten Sie anschließend wieder das
Einschwingen des Systems ab, bevor Sie die Regelung stoppen und die Daten mit Hilfe von
Microsoft Excel auswerten (Makro „V5_02b_Heizungsregelung_PI_Auswertung“).

6. Auswertung

- Aufgabe 7: Bearbeiten Sie die Messergebnisse unter Excel so, dass eine aussagekräftige grafische
Darstellung für die Auswertung zur Verfügung steht, z.B. durch Skalierung der Achsen
mittels rechtem Mausklick auf die Achsen, so dass die relevante Temperaturkurve
formatfüllend dargestellt wird. Der Ausdruck unter WinCC ist leider nicht detailliert genug,
um Aussagen über Stabilität und Schwingverhalten treffen zu können.

7. Platz für eigene Notizen / Bemerkungen