

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHRANSTALT HOLLABRUNN

Höhere Abteilung für Elektronik – Technische Informatik

Klasse/ Jahrgang: 5BHEL	Gruppe: 5b	Übungsleiter: Prof. Geischläger
Übungsnummer: II/2	Übungstitel: LabView - Regelungstechnik	
Datum der Übung: 01.12.2015	Teilnehmer: Gorke, Haschke, Hogl, Mayerhofer	
Datum der Abgabe: 22.12.2015	Schriftführer: Mayerhofer	Unterschrift:

	Beurteilung
Aufgabenstellung	
Dokumentation	
Messschaltungen	
Messtabellen	
Berechnungen	
Programmlistings	
Auswertung	
Diagramme	
Berechnungen	
Simulationen	
Schlußfolgerungen	
Kommentare	
Inventarliste	
Messprotokoll	
Form	
Summe	

1. Allgemeiner Teil

Titel der Übung:	LabView - Regelungstechnik
Übungsnummer:	II/2
Übungsplatz:	T2
Datum der Übung:	01.12.2015
Klasse:	5BHEL
Schriftführer:	Mayerhofer Robin
Übungsteilnehmer:	Gorke Thomas Haschke Oliver Hogl Daniel Mayerhofer Robin

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeiner Teil	2
2. Theoretische Kenntniss	3
2.1. Unterschied steuern – regeln	3
2.2. PT – Verhalten.....	3
2.3. P/I/D – Glied.....	3
2.4. Führungsverhalten / Störverhalten	4
3. Spezifikationen des Übungsaufbaus	4
3.1. PC & Software	4
3.2. Regelkreis.....	5
4. Händisches Regeln	7
4.1. Aufgabenstellung	7
4.2. Ergebnisse – Diagramme	7
5. PT2 – Verhalten des Reglers	8
5.1. Aufgabenstellung	8
5.2. Sprungantwort.....	9
5.3. Verzugs- & Anstiegszeit	10
5.4. Regelung mit bestimmtem Verhalten.....	10
5.4.1. Regelung mit 20% Überschwingen	11
5.4.2. Regelung mit aperiodischem Grenzfall.....	12
6. Erkenntnisse.....	14
7. Übungsmitschrift.....	15

2. Theoretische Kenntniss

2.1. Unterschied steuern – regeln

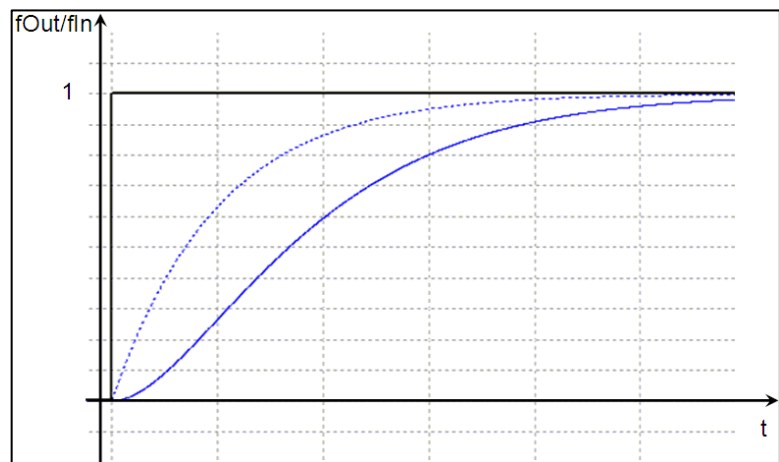
Beim Steuern hat nur die Eingangsgröße einen Einfluss auf die Ausgangsgröße (open loop), es wird zum Beispiel ein fixer Ablauf durchgeführt.

Beim Regeln hingegen wird der derzeitige Zustand des Systems in Betracht gezogen ebenso wie die Eingangsgröße. (closed loop)

2.2. PT – Verhalten

Das PT-Verhalten entspricht dem Zeitverhalten. Eine Ziffer hinter PT gibt an, von wie vielen Zeitkonstanten die Sprungantwort abhängig.

Bei nebenstehender Grafik ist die Ausgangsgröße durch die Eingangsgröße über die Zeit dargestellt.



Die schwarze Kurve beschreibt die

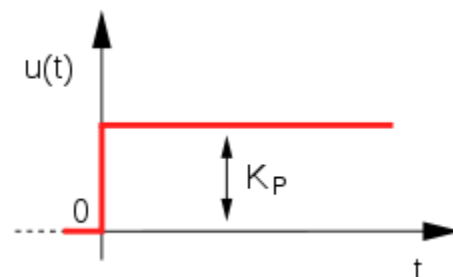
Eingangsfunktion, die punktierte blaue Linie stellt einen PT1 Regler dar, sie ähnelt einer Kondensatorladekurve, da dieser ebenso eine Zeitkonstante hat.

Die durchgezogene blaue Linie stellt die Antwort eines Reglers mit PT2 Verhalten dar, dies erkennt man durch den Wendepunkt (Änderung des Krümmungsverhalten, Punkt mit der höchsten Steigung).

2.3. P/I/D – Glied

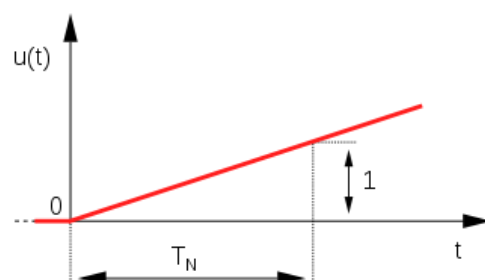
Ein P-Glied besteht ausschließlich aus einem einer proportionalen Verstärkung K_P .

Die Regelabweichung bleibt, Begrenzungen sind außerdem ein Problem.



Ein I-Glied ist ein Glied der ein integratives Übertragungsverhalten aufweist. Die Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsgröße wird von der Höhe der Amplitudenänderung der Eingangsgröße bestimmt.

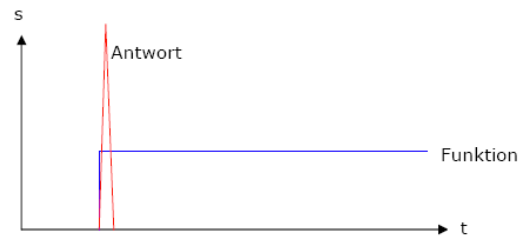
Der Anstieg ist linear, langsam, Regelabweichung fällt weg.



Ein D-Glied ist ein Regler ist ein Differenzierer, der nur in Verbindung mit einem P- und/oder I-Verhalten als Regler eingesetzt wird.

Während dem Sprung ist der Anteil idealerweise unendlich, vor/nach dem Sprung ist er 0.

Das Diagramm zeigt kein ideales D-Verhalten.



Anmerkung: Die Diagramme zeigen die Sprungantwort auf einen Einheitssprung von 0 auf 1.

2.4. Führungsverhalten / Störverhalten

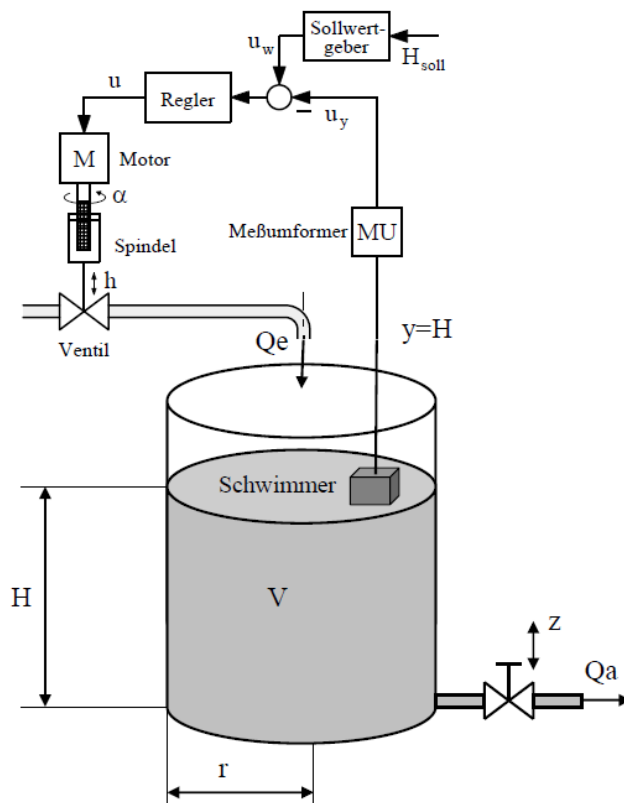
Das Führungsverhalten beschreibt die Reaktion auf die Änderung der Führungsgröße, das Störverhalten die Änderung auf eine Änderung der Störgröße.

3. Spezifikationen des Übungsaufbaus

3.1. PC & Software

Zur Übungsdurchführung wurde ein PC mit Windows 7 Enterprise, SP1 (Build 7601) verwendet. Außerdem wurde die 32-bit Version von LabView 14.0 benützt.

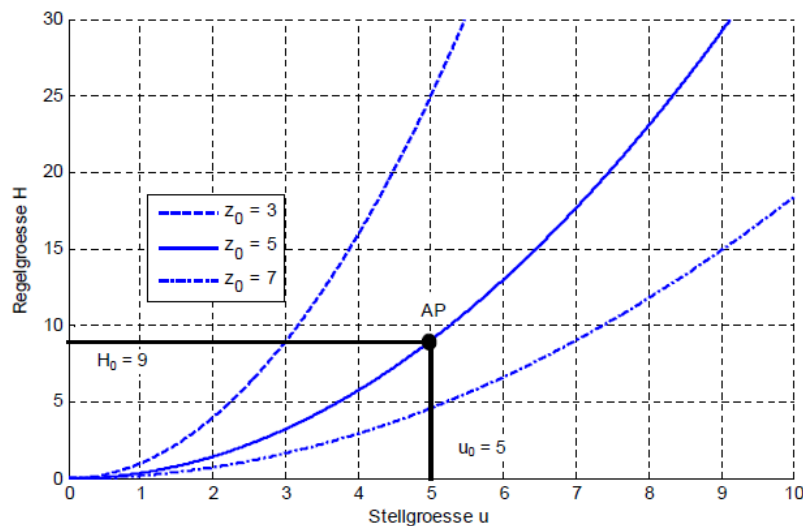
3.2. Regelkreis



Die Abbildung zeigt das Schema der Füllstandsregelung. Die **Regelgröße** (Füllstand $H = y$) wird durch einen Schwimmer gemessen und mit einem Messumformer MU in eine Spannung u_y umgewandelt, die von der Sollwertspannung u_w subtrahiert wird. Die Differenz liegt dann am Eingang des Reglers an. Mit der **Stellgröße** u wird der elektrische Stellmotor M gesteuert, der über eine Spindel den Ventilhub h in der Zuflussleitung verstellt, und somit den Zufluss Q_e beeinflusst. Ziel der Regelung ist es, den Füllstand H möglichst auf dem vorgegebenen Sollwert H_{soll} zu halten. Die **Störgröße** z des Systems ist der Ventilhub am Abfluss, welcher den Abfluss Q_a und somit den Füllstand beeinflusst.

(Quelle Grafik + Beschreibung: Fuellstandsregelung_2010.pdf, Seite 1)

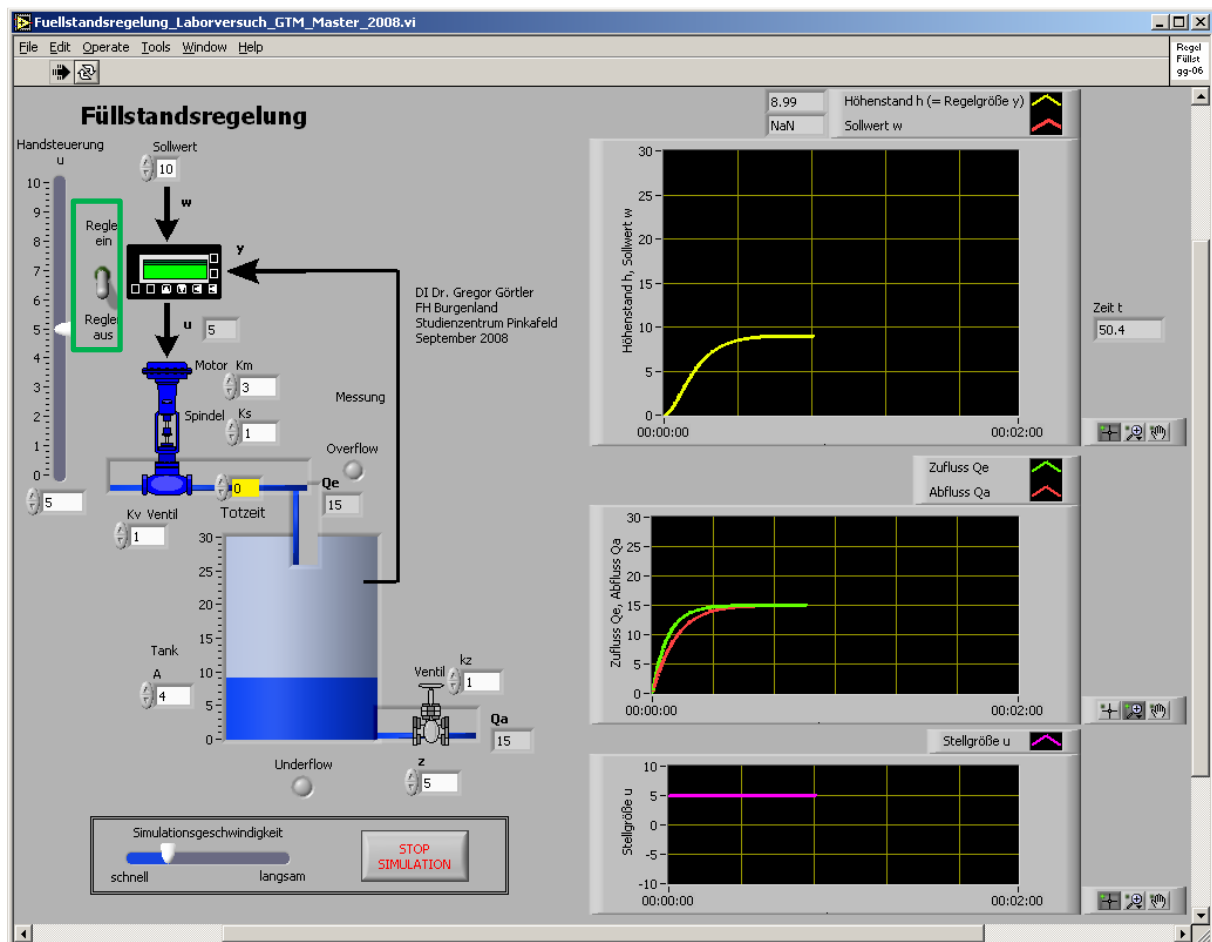
Dadurch, dass nicht nur der Ventilhub am Abfluss, sondern auch der Füllstand einen Einfluss auf die Abflussmenge hat, tritt eine Nichtlinearität auf, eine Linearisierung gilt nur rund um den Arbeitspunkt.



Dieses Diagramm zeigt das nichtlinear, statische Kennlinienfeld der Regelstrecke. Auf der x-Achse ist die Stellgröße aufgetragen, auf der y-Achse die Regelgröße (Füllstand), die Linien geben den Zusammenhang bei einer fixen Störgröße fest.

(Quelle Diagramm: Fuellstandsregelung_2010.pdf, Seite 7)

Der virtuelle Aufbau des Reglers in LabView:



Auf der linken Seite ist das Schema der Füllstandsregelung visualisiert. Die Messdaten werden auf der rechten Seite der Oberfläche dargestellt.

Mithilfe eines Schalters (grünes Rechteck) kann der Regler ein- bzw. ausgeschaltet werden. Ist der Regler ausgeschaltet, so ist die Handsteuerung sichtbar. Ansonsten erscheinen zwei Drehknöpfe für die Reglerparameter K_p und T_n , der I-Anteil ist außerdem zu- & abschaltbar. Wenn der Regler aktiv ist, wird außerdem der Sollwert im Diagramm dargestellt.

Es wird beim Start des Versuches außerdem angeboten, die aufgezeichneten Daten in einer lvm-Datei zu speichern, welche in Excel importiert werden kann.

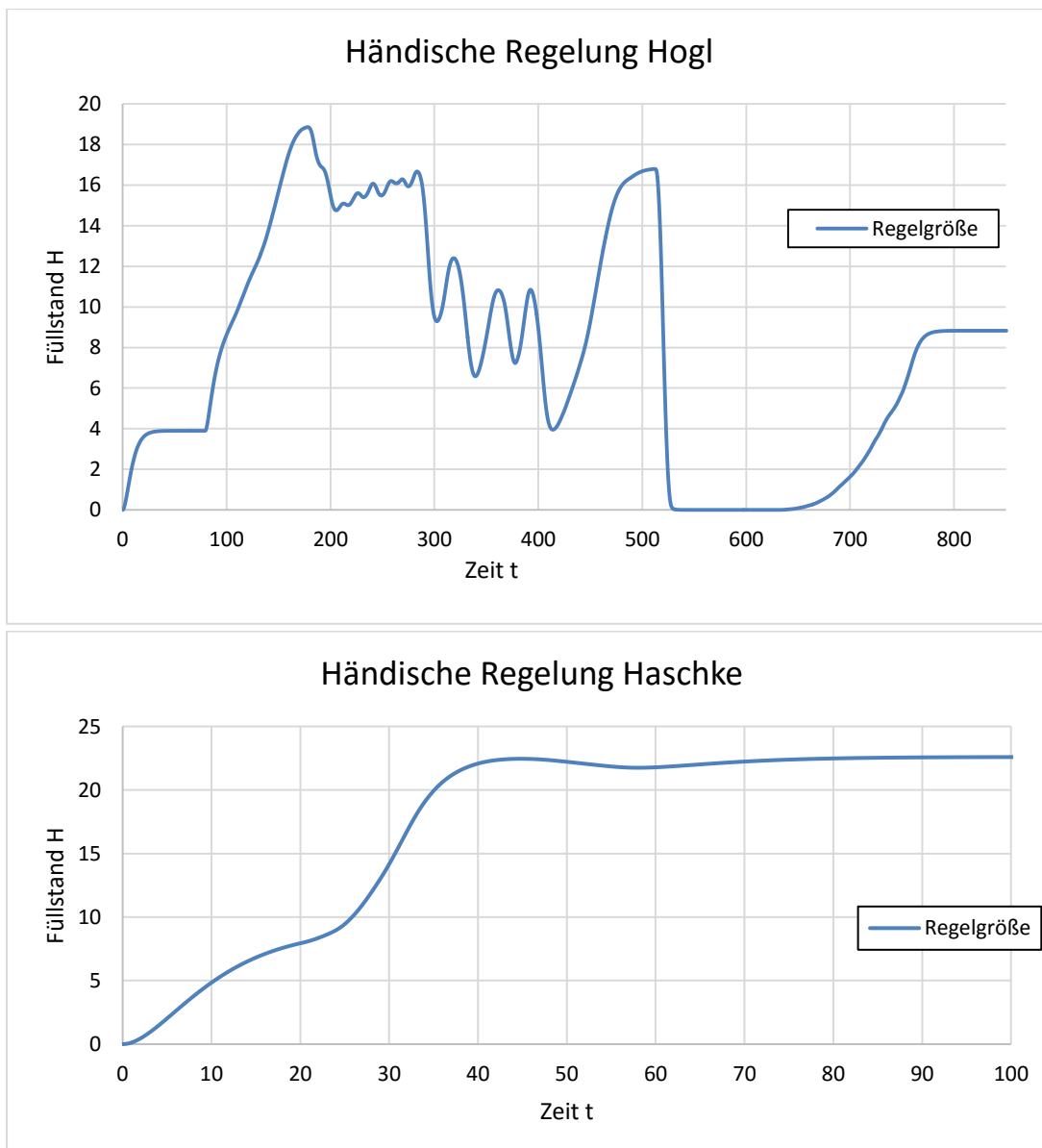
(Quelle: Fuellstandsregelung_2010.pdf, Seite 51)

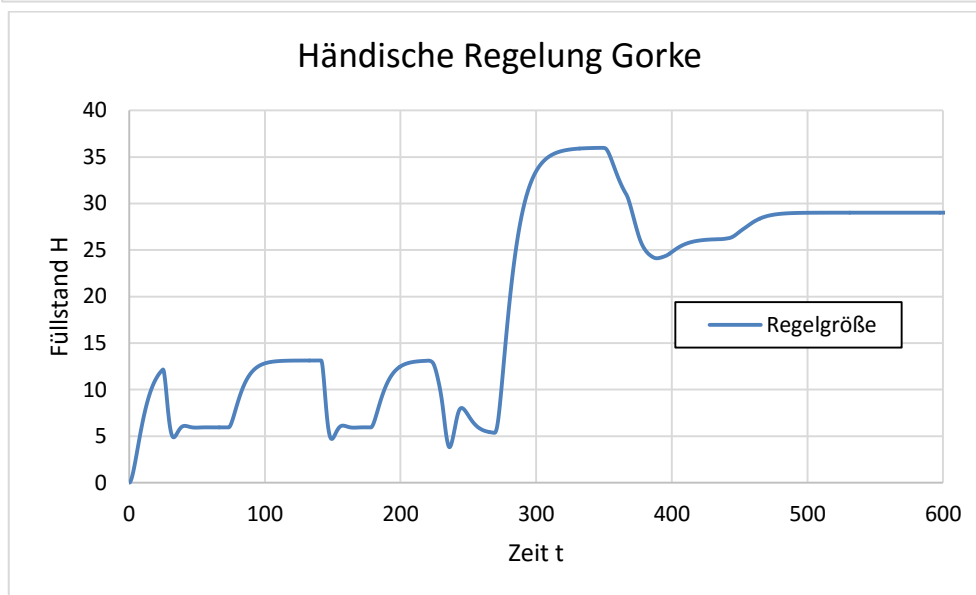
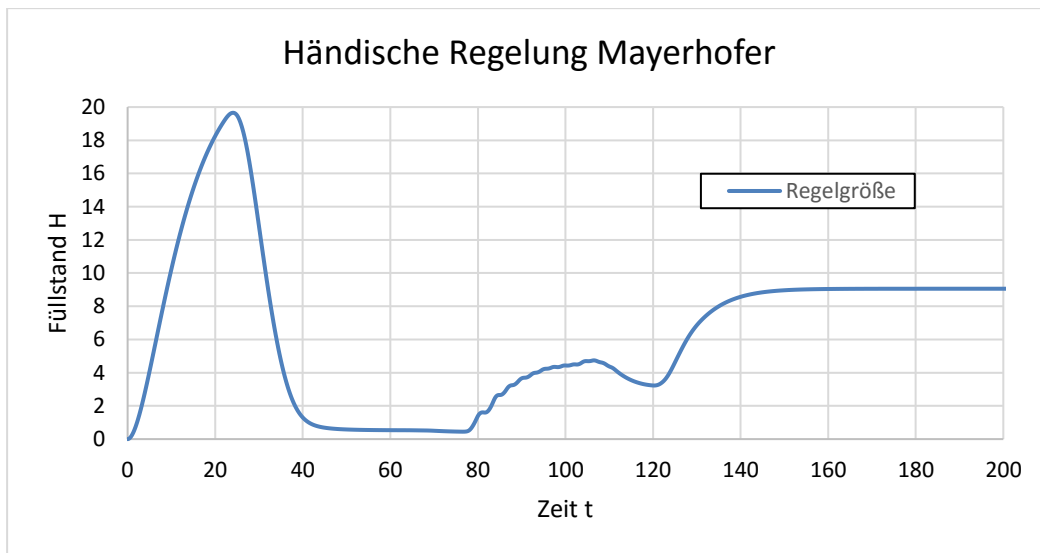
4. Händisches Regeln

4.1. Aufgabenstellung

Die Aufgabe war es, dass jeder Übungsteilnehmer händisch den Füllstand auf einen bestimmten Wert einstellt, indem die Handregelung aktiviert ist und die Stellgröße u verändert wird.

4.2. Ergebnisse – Diagramme



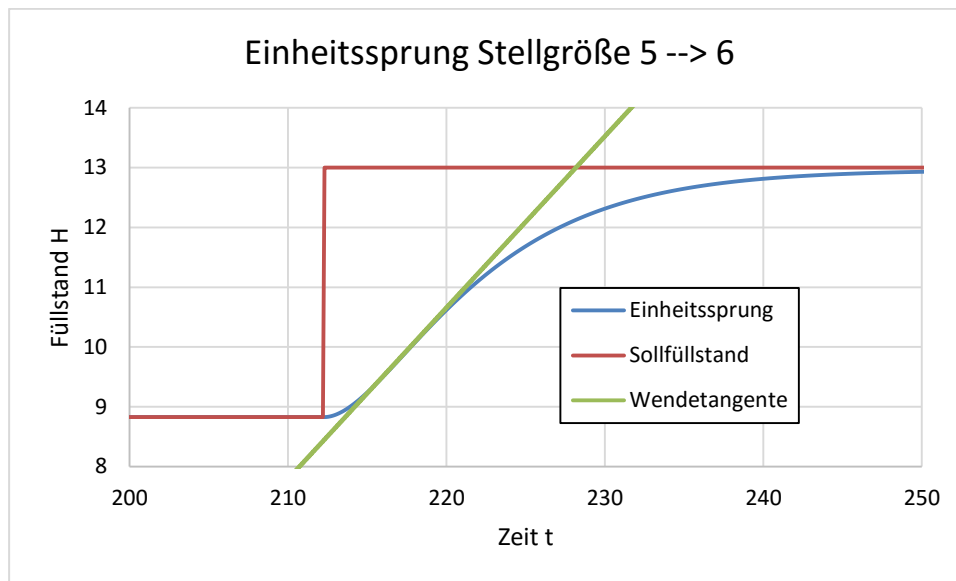


5. PT2 – Verhalten des Reglers

5.1. Aufgabenstellung

Die Aufgabe war es, aufgrund der Sprungantwort (Stellgröße u von 5 auf 6) die Zeitkonstanten (PT2-Verhalten) zu bestimmen und anschließend eine PI-Regelung mit den entsprechenden ausgerechneten Werten k_R und T_N durchführen. Die Regelung soll auf eine Führungsänderung einmal mit 20% Überschwingen reagieren, das andere Mal mit einem aperiodischen Grenzfall.

5.2. Sprungantwort



Um die Sprungantwort aufzunehmen, muss sich das System in einem stabilen Zustand befinden, es darf keine Schwingung vorhanden sein. Mittels Eingabe des neuen Wertes über die Tastatur wird die Stellgröße plötzlich verändert.

In diesem Diagramm ist der Einheitssprung des Füllstandes eingetragen, die ideale Linie. Außerdem ist auch die Wendetangente eingetragen.

Die Wendetangente beruht auf der Geradengleichung $y = k * t + d$ und wird über den Wendepunkt bestimmt. Beim Wendepunkt hat die Steigung den höchsten Wert. Die Steigung kann man einfach über die Formel $k = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{t(i) - t(i-1)}{t(i) - x(i-1)}$ berechnet werden. Die Steigung wurde mithilfe von Excel für alle Messpunkte berechnet. Hier muss darauf geachtet werden, dass jeder zweite Wert der Tabelle eine Wiederholung des vorigen ist, somit ist die Zeitdifferenz 0 und gibt Fehler aus, dies kann umgangen werden, indem das tatsächliche Zeitintervall als Δt (0,1) verwendet wird.

Der Maximalwert der Steigung im Bereich des Sprunges kann durch den Excelbefehl $MAX(Bereich)$ gefunden werden, in diesem Falle war dies 0,28653 in Zeile 4373. Um die Wendetangente zu berechnen braucht man außerdem noch den Abstand vom Nullpunkt bei schneiden der Kurve mit der y-Achse. Dazu wird die Formel auf d umgeformt, weiters muss der y- und der t-Wert in Zeile 4373 abgelesen werden.

$$d = y - k * t = 9,899867 - 0,28653 * 217,4 = -52,391755$$

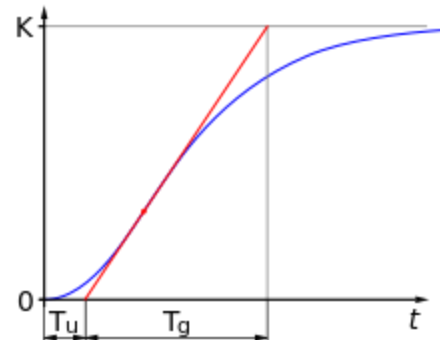
$$y = k * t + d = 0,28653 * t - 52,391755$$

5.3. Verzugs- & Anstiegszeit

In der Skizze rechts ist zu erkennen wie die Verzugszeit T_u und die Anstiegszeit T_g berechnet bzw. abgelesen wird.

Die Verzugszeit ist die Zeit, vom Beginn des Sprunges bis zu dem Zeitpunkt, bei dem die Wendetangente mit dem Ausgangswert übereinstimmt.

Die Anstiegszeit ist jene Zeit, vom Ende der Verzugszeit bis die Wendetangente den Endwert der Regelgröße erreicht.



Dies wurde durch Ablesen in der Tabelle der Messwerte gelöst. Die Startzeit ist die Zeit der Regelumstellung.

$$t_{start} = 212,3, y_{start} = 8,828303$$

Die Verzugszeit ist somit:

$$T_u = t_{wende}(y_{start}) - t_{start} = 213,7 - 212,3 = 1,4$$

Die Anstiegszeit wurde während der Übung falsch berechnet, und zwar wurde die Zeit zwischen Erreichen des Endwertes der Wendetangente und der tatsächlichen Kurve berechnet, tatsächlich gehört jedoch die Zeit zwischen Ende der Anstiegszeit und dem Erreichen des Endwertes der Wendetangente berechnet.

$$T_g = t_{wende}(y_{stop}) - t_{wende}(y_{start}) = 228,3 - 213,7 = 14,6$$

Aufgrund der falschen Berechnung kam ein Wert raus, der rund doppelt so groß war (28,9).

Dies erklärt auch die abweichenden Ergebnisse in den folgenden zwei Punkten.

Weiters kann die Stationärverstärkung berechnet werden.

$$k_s = \frac{H_{end} - H_{beginn}}{u_{end} - u_{beginn}} = \frac{12,96 - 8,83}{6 - 5} = 4,13$$

5.4. Regelung mit bestimmtem Verhalten

Kennt man die Sprungantwort einer Regelstrecke, so können daraus günstige Reglereinstellungen abgeleitet werden. Diese Einstellwerte ergeben sich aus einer Näherung der Regelstrecke durch ein PT1-Element.

Regler		20% Überspringen		aperiodischer Übergang	
		Störung	Führung	Störung	Führung
PI	k_R	$0,7 \cdot x$	$0,7 \cdot x$	$0,6 \cdot x$	$0,35 \cdot x$
	T_N	$2,3 \cdot T_u$	T_g	$4 \cdot T_u$	$1,2 \cdot T_g$

T_u ... Verzugszeit

T_g ... Anstiegszeit

k_s ... Stationärverstärkung

$$x = \frac{T_g}{k_s \cdot T_u}$$

5.4.1. Regelung mit 20% Überschwingen

Es wurde das Führungsverhalten getestet im Bereich des Arbeitspunktes und vom Arbeitspunkt weiter entfernt. Die Ergebnisse sind jedoch nicht aussagekräftig, da der Regler falsch dimensioniert wurde aufgrund der Abweichung der Anstiegszeit.

Das Ergebnis sollte zeigen, dass rund um den Arbeitspunkt ein Sprung 20% überschwingt, weiter weg vom Arbeitspunkt die Vorhersage immer schlechter stimmt. Wenn der Sprung unter dem Arbeitspunkt passiert, ist das Überschwingen kleiner, da die Kennlinie flacher ist, über dem Arbeitspunkt genau umgekehrt.

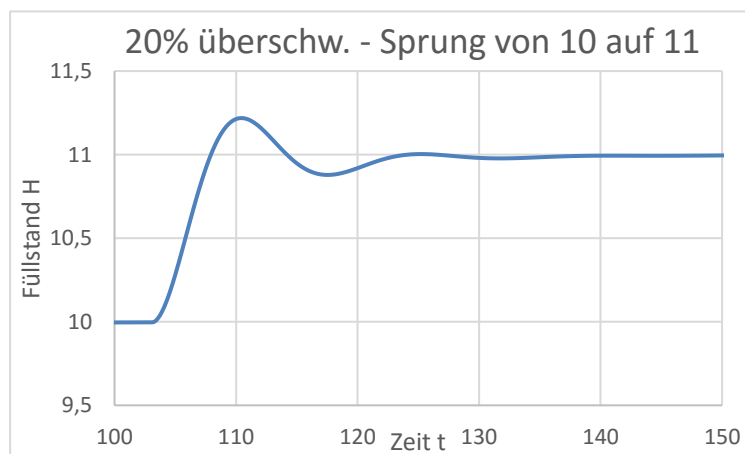
$$\text{Überschwingen in \%: } \frac{H_{\max} - H_{\text{end}}}{H_{\text{end}} - H_{\text{beginn}}} * 100$$

$H_{\max}$... Maximalwert während Übergang

H_{end} ... angestrebter Endwert

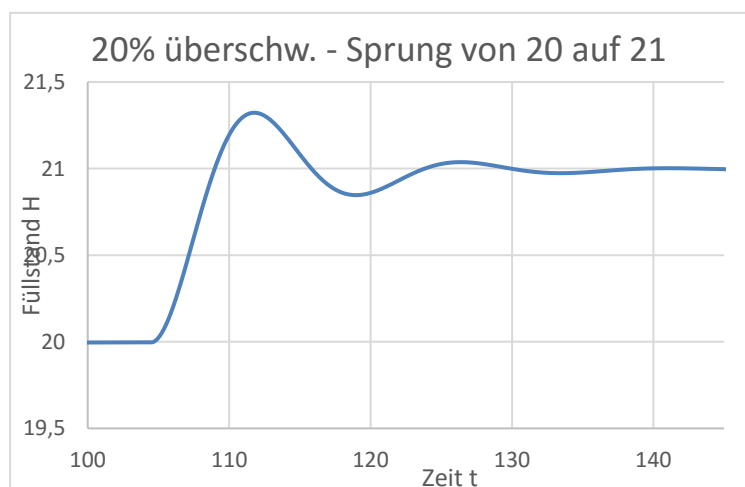
H_{beginn} ... Anfangswert

Um aussagekräftige Diagramme darstellen zu können, wurden die Messwerte der vorhergehenden Laborgruppe verwendet.



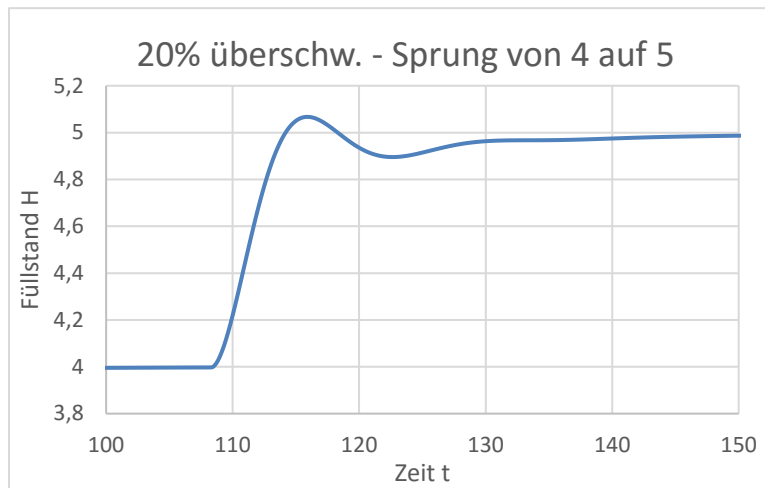
Dies ist ein Sprung im Bereich um den Arbeitspunkt.

Die maximale Auslenkung beträgt 11.21875, Startwert 10, Endwert 11. Die bedeutet ein Überschwingen um 22,06%.



In dem linken Diagramm ist ein Sprung im steileren Bereich der Kennlinie, es wird deswegen ein stärkeres Überschwingen erwartet. Die maximale Auslenkung beträgt 21.322613, Startwert 20, Endwert 21.

Die bedeutet ein Überschwingen um 32,89%.



Dies ist ein Sprung im flacheren Teil der Kennlinie, es wurde ein schwächeres Überschwingen erwartet.

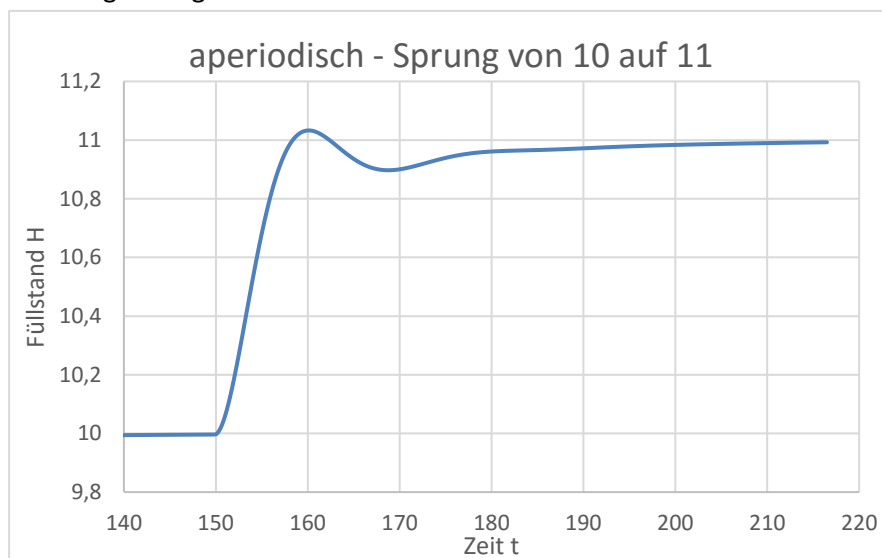
Die maximale Auslenkung beträgt 5.067139, Startwert 4, Endwert 5. Dies bedeutet ein Überschwingen um 7,1%.

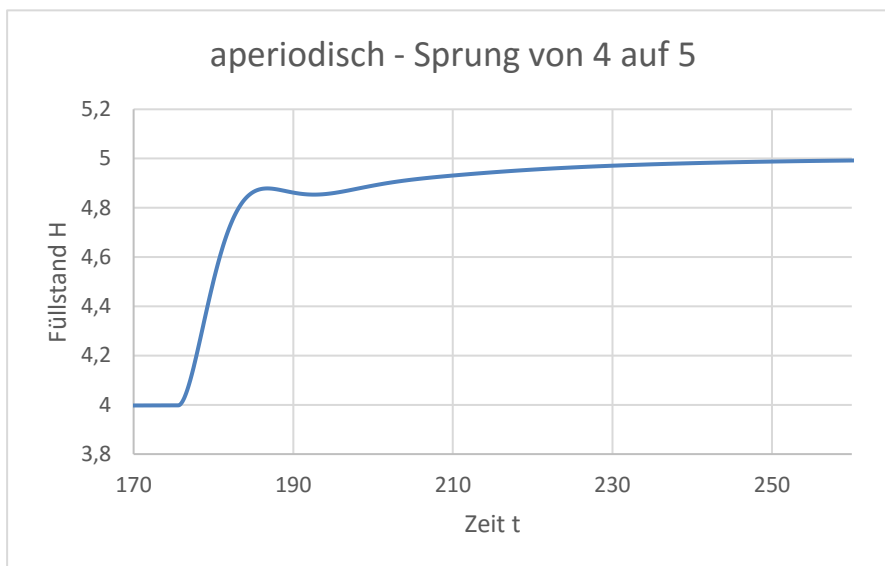
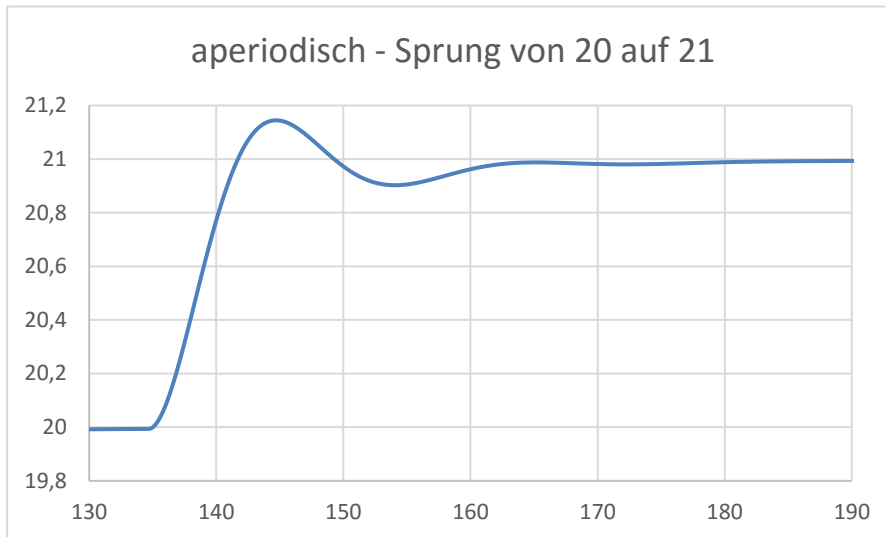
Anmerkung: Bei den bei der Übung aufgenommenen Werten trat beim Sprung im Bereich um den Arbeitspunkt bereits ein 33%-iges Überschwingen auf.

5.4.2. Regelung mit aperiodischem Grenzfall

Ein aperiodischer Grenzfall ist eine Schwingung, die nie über ihren Endwert hinaus schwingt, sondern diesen im unendlichen erreicht.

Es wurde wiederum das Führungsverhalten bei den gleichen Sprüngen wie bei den vorigen Messungen aufgenommen.





Bei den Sprüngen ist zu sehen, dass die Kennlinie des Sprunges in der Nähe des Arbeitspunktes relativ wenig Überschwingen zeigt, weiter unten ist kein Überschwingen vorhanden, jedoch dauert es länger bis sich der Wert dem angestrebtem Wert annähert. Bei höheren Füllständen ist zu sehen, dass immer noch ein deutliches Überschwingen vorhanden ist (14,4%).

6. Erkenntnisse

Bei der Übung wurde neben dem Kennenlernen der verschiedenen Regler-Typen auch der Unterschied zwischen steuern und regeln vermittelt.

Es wurde erkannt, dass bereits ein einfacher Regelkreis Nichtlinearitäten enthalten kann.

Eine automatische Regelung ist, wenn diese richtig konfiguriert wurde, wesentlich schneller als eine Regelung per Hand.

Bezüglich Fehlersuche ist anzumerken, dass neben den Messwerten und den daraus folgenden Ergebnissen auch die Formel explizit geprüft werden sollte.

Ein Regler kann leicht mittels der Messwerte und den berechneten Werten aus dem Sprungverhaltens so parametrisiert werden, dass er auf einen Sprung am Eingang mit einer aperiodischen Annäherung / 20% Überschwingen reagiert.

Das Verhalten ist jedoch nur in der Nähe des Arbeitspunktes wie erwartet.

7. Übungsmitschrift