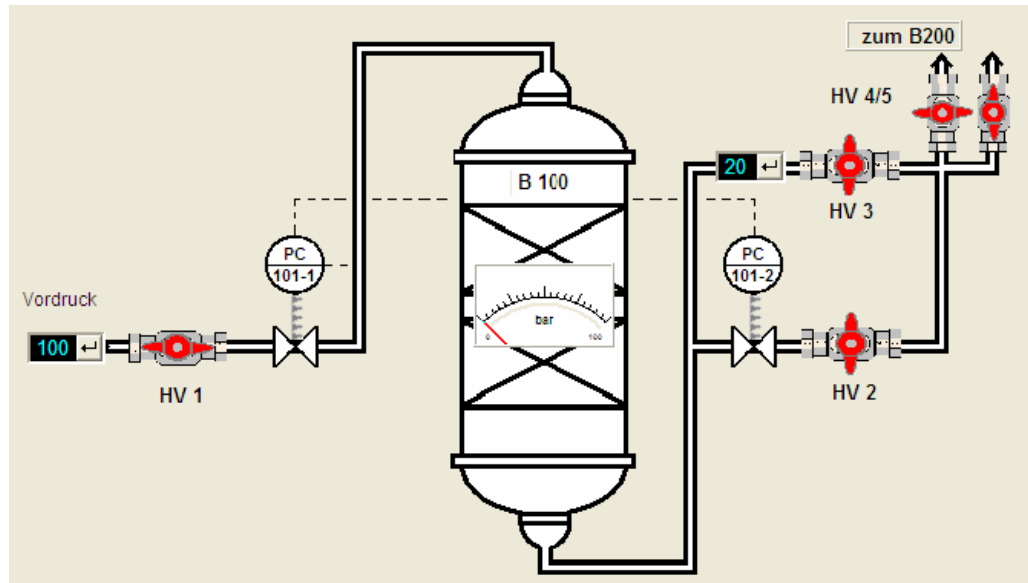


Verfahrenstechnik DRUCK

eine dynamische Simulation
von PE-SOFT ®



Die Simulation **Verfahrenstechnik DRUCK** simuliert zwei Druckbehälter, in welchem Druck aufgebaut und geregelt werden kann. Das Modell veranschaulicht auf einfache verständliche Weise die Reaktionen einer Druckregelstrecke. Um die Reaktionen in Erfahrung zu bringen, lassen sich viele Parameter interaktiv einstellen. Die Bedienung und Beobachtung des Prozesses, so wie dessen Darstellung ist an gängige digitale Prozessleitsysteme angelehnt.

Durch verändern des Speicherverhaltens der Regelstrecke lässt sich die zeitliche Reaktion der Regelstrecke anschaulich darstellen und vergleichen. Genauso lassen sich die Regelparameter der Regler verändern und dessen Auswirkungen beobachten. Ebenso sind die Druckmessumformer integriert bei welchen jeweils der Nullpunkt, der Messbereich und die Hilfsenergie eingestellt werden müssen.

Obwohl diese Simulation kein spezielles chemisches oder physikalisches Verfahren zur Herstellung eines Produktes wiedergibt, könnte man als verfahrenstechnischen Hintergrund folgendes Modell heranziehen:

Eine zuvor hergestellte Gasmischung soll im B100, welcher z.B. mit einem Katalysator gefüllt ist, unter einem bestimmten Druck zur Reaktion gebracht werden. Nach der Reaktion soll das Gas in zwei Stufen entspannt werden. Im B200 soll deshalb der Reaktionsdruck zunächst auf z.B. die Hälfte abgebaut werden. Danach wird das Gas gegen Null entspannt.

Wirkungsweise der Simulation:

B100 erhält seinen Gaszustrom über HV1 und das nachgeschaltete Regelventil PIC101-1. Der Vordruck kann von 0 bar bis 100 bar eingestellt werden. Das Gas kann den Behälter, entweder über das Regelventil PIC101-2 und HV2 oder über HV3 verlassen. Der Ausgang kann über HV 4/5 wahlweise zum B200 oder „gegen Atmosphäre“ gestellt werden.

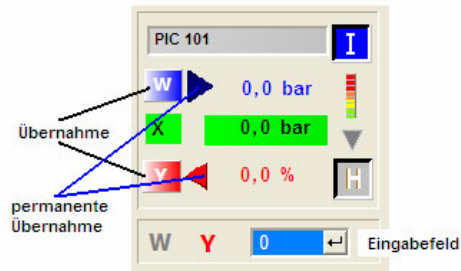
Wird der Ausgang über HV 4/5 zum B200 gestellt, so strömt der gesamte Ausgang vom B100 zum Eingang des B200. Der Druck im B200 kann über PIC201 und HV6 geregelt (Regelventil nur im Ausgang), oder über HV7 ein konstanter Verbrauch eingestellt werden.

Bedienung der Regler

Werte werden immer zuerst ins Eingabefeld eingegeben.

Danach kann der Wert durch anklicken der Übernahmetaster **W** oder **Y** in das entsprechende Feld als **Sollwert** oder **Ausgangssignal** übernommen werden.

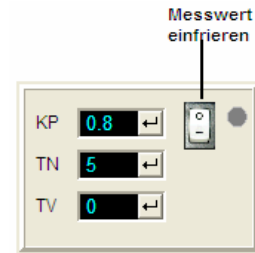
Wenn die **permanente Übernahme** aktiviert ist, wird der Wert sofort übernommen.



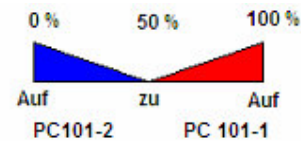
Regelparameter

Eingabefelder für die Regelparameter Kp, Tn und Tv

Mit dem Schalter **Messwert einfrieren** kann der momentan aktive Messwert eingefroren werden, um z.B. die Auswirkung der Regelparameter zu beobachten.



PIC101 ist eine Splitrangeregelung mit zwei Regelventilen. PC101-1 im Eingang und PC101-2 im Ausgang. Bei Y = 50% sind beide Regelventile zu. Bei Y = 0% ist PC101-2 ganz offen, bei Y = 100 ist PC 101-1 ganz offen.



Vordruck

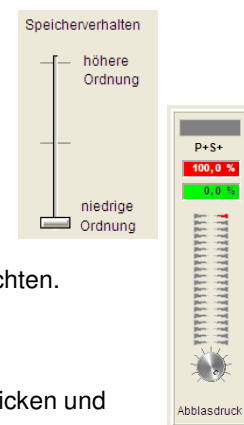
Im Eingabefeld für den Vordruck, kann der Vordruck vor dem Regelventil zwischen 0 bar und 100 bar variiert werden.

Druckverlust

In Verbindung mit **HV 3** oder **HV 7** und dem davor stehenden Eingabefeld kann ein Abströmen des Inhaltes simuliert werden, was zum abbauen des Druckes führt. Der Wert kann sich zwischen 0 und 100 % bewegen und ist nur aktiv wenn **HV 3** oder **HV 7** geöffnet ist.

Speicherverhalten

Mit dem Schieberegler lässt sich das Speicherverhalten der gesamten Regelstrecke verändern.



Simulation zurücksetzen

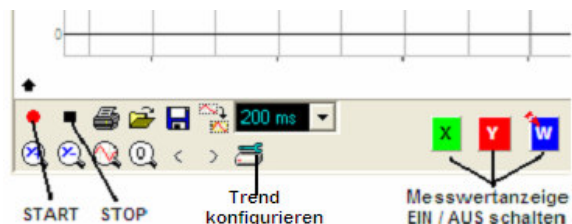
Mit dem Button **Messwert auf NULL setzen** wird der Behälterdruck sofort auf Null gesetzt, um z.B. die Reaktion der Regelstrecke nochmals zu beobachten.

Abblasdruck

Über das Einstellrad vom **Abblasdruck** wird der Grenzwert eingestellt (anklicken und bei gedrückter Maustaste die Maus verschieben) ab welchem die Anlage in Sicherheitsstellung geht und den Druck solange ablässt bis der Grenzwert wieder unterschritten ist. Das Öffnen des Ablassventils wird durch den Schreiber protokolliert.

Bedienung vom Trend

Beachten Sie, dass sich bei „**Trend konfigurieren**“ alle Parameter, einschließlich der Farben verstellen lassen.



Mit dem Umschalter P-B200 wird, anstelle der Abblasfunktion beim B100 der Druck vom B200 angezeigt. Die Umschaltung wirkt sich gleichzeitig auf den Trend beim B100 und B200 aus.

P-B200	Druck von B200 auf Schreiber
P-B200	Abblasfunktion auf Schreiber

Messumformer in Betrieb nehmen

Wechsel Sie auf die **Seite Messumformer**

- Hilfsenergie einschalten (anklicken).
- Die Entlüftungsschraube schließen. (anklicken)
- Den roten Absperrhahn öffnen. (anklicken)

Nullpunkt und Messbereich einstellen am Beispiel von PC101

PIC101 in Stellung HAND bringen und sicherstellen, dass sich der Messwert nicht verändert.

Roter **Absperrhahn** schließen

Entlüftungsschraube öffnen

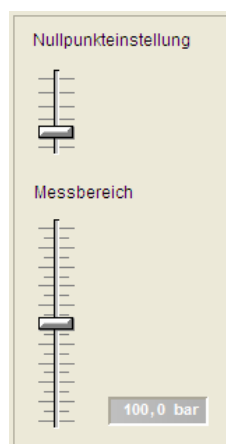
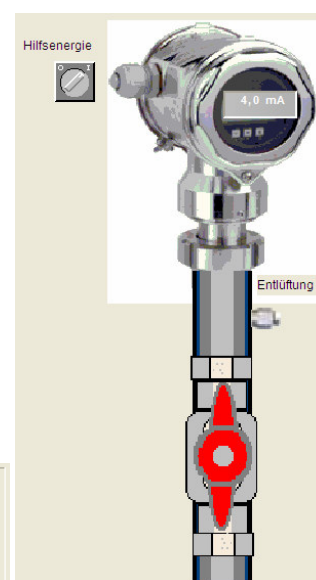
Nullpunkt mit Schieberegler auf **4 mA** einstellen.

Messbereich mit dem Schieberegler entsprechend dem Eingangsdruck einstellen.

Entlüftungsschraube schließen.

Roter **Absperrhahn** öffnen.

PIC 101 abgleichen und wieder in Automatikbetrieb nehmen.



Erster Start

Damit die Simulation auch funktioniert, müssen beim ersten Start zunächst einige Parameter gesetzt werden.

Stellen Sie zunächst die Parameter wie folgt ein.

Die folgenden Einstellungen entsprechen den Einstellungen aus der Einstellungsdatei „Druck Grundstellung.EST“, welche bei Bedarf direkt geladen werden kann.

ACHTUNG ! Prüfen Sie immer nach dem Laden von Einstellungsdateien ob bei den Reglern die „permanente Übernahme“ aktiviert ist. Schalten Sie diese immer zunächst wieder aus. Die Aktivierung der „permanente Übernahme“ ist beim Speichern von Einstellungsdateien erforderlich, damit die Werte von W und Y beim späteren Laden automatisch gesetzt werden können.

B100

Abblasdruck auf 100% einstellen

Regler in Stellung HAND

Reglerausgangssignal Y = 50% (PC101-1 ist ZU, ÖZ-Ventil, PC101-2 ist ZU, SA-Ventil)


Messwert einfrieren = AUS

Reglerparameter: Kp = 2
 Tn = 10 Sek.
 Tv = 0

HV 1 – AUF, Vordruck 100 bar

HV 2 – AUF

HV 3 – ZU, Verbrauch 20 %

 B100 + B200 P = 0

anklicken

B200

Abblasdruck auf 100% einstellen

Regler in Stellung HAND

Reglerausgangssignal Y = 100% (Regelventil ist zu. SA-Ventil – Umgekehrte Wirkungsweise.)

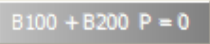
Messwert einfrieren = AUS

Speicherverhalten auf Position 1

Reglerparameter: Kp = 2
 Tn = 10 Sek.
 Tv = 0

HV 6 – ZU,

HV 7 – AUF, Verbrauch 20 %

 B100 + B200 P = 0

anklicken

Übung 1.1

Zunächst wollen wir versuchen den Behälter B100, in fahrweise HAND, mit einem vorgegebenen Druck zu beaufschlagen.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Grundstellung.EST**“ –

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

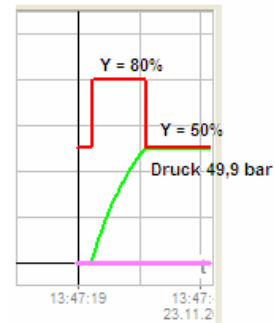
Aufgabe:

Beaufschlagen sie den Behälter mit einem Druck von 50 bar, indem Sie den Druck in Fahrweise Hand einstellen.

Öffnen Sie dazu Y von PC101-1 solange bis der Wert erreicht ist.

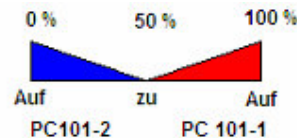
Ergebnis:

So ähnlich sollte der Kurvenverlauf der Messwerte sein.
Der rote Trend ist die Ventilstellung von PC101-1.
Der grüne Trend ist der Messwert (Druck)



Erkenntnisse:

- Der Druck steigt erst wenn Y größer 50% ist.
Deshalb weil PIC 101-1 und PIC 101-2 ein sog. Splitrange bilden.
Dies bedeutet, dass das Ausgangssignal des Reglers auf zwei Regelventile aufgeteilt wird.
Das Bild gibt die genaue Funktionsweise wieder.



- PIC101-1 **öffnet** mit steigendem Eingangssignal und ist bei Ausfall der Hilfsenergie **ZU**.
Deshalb spricht man bei einem Ventil mit diesem Verhalten von einem **ÖZ-Ventil**.
- PIC101-2 **schließt** mit steigendem Eingangssignal und ist bei Ausfall der Hilfsenergie **AUF**.
Deshalb spricht man bei einem Ventil mit diesem Verhalten von einem **SA-Ventil**.
- Sofern der Druck höher als 50 bar war, konnte dieser wieder abgesenkt werden, indem Y < 50% eingestellt wurde.
- Der Druck bleibt nur stehen wenn Y = 50% ist (beide Ventile zu)

Weitere Aufgabe:

Verändern Sie den Vordruck und probieren Sie den gleichen Versuch nochmals aus.

Übung 1.2

Den Behälter B100, in fahrweise AUTOMATIK, mit einem vorgegebenen Druck beaufschlagen.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Grundstellung.EST**“ –

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Aufgabe:

Beaufschlagen sie den Behälter mit einem Druck von 50 bar, indem Sie den Druck in Fahrweise Automatik einstellen.

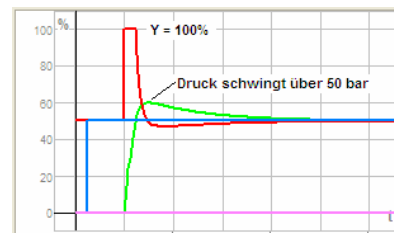
Stellen Sie zunächst PIC 101 in HAND und Y auf 50%.

Stellen Sie den Sollwert von PIC 101 auf 50%.

Schalten Sie PIC 101 in AUTOMATIK um und beobachten Sie was passiert.

Ergebnis:

So ähnlich sollte der Kurvenverlauf der Messwerte sein.
Der rote Trend ist die Ventilstellung von PC101-1.
Der grüne Trend ist der Messwert (Druck)

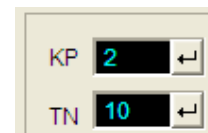


Erkenntnisse:

- Der Regler öffnet das Ventil zunächst auf 100%, also ganz AUF.
- Dadurch steigt der Druck sehr schnell an.
- Da der Regler nicht schnell genug eingreift, schwingt der Druck über den geforderten Wert von 50 bar und fällt dann wieder ab.

Weitere Aufgabe:

Verändern Sie die Regelparameter Kp und Tn und beobachten Sie das Streckenverhalten.



Beantworten Sie folgende Fragen:

Was passiert wenn Kp größer wird ?

Was passiert wenn Tn größer wird ?

Bei welchen Einstellungen beginnt der Regelkreis zu schwingen ?

Welche Einstellung ist ihrer Ansicht nach, für diese Aufgabenstellung die richtige ?

Schalten Sie die Störgröße hinzu und probieren Sie erneut die Regelparameter zu verstellen.

Übung 2

Beaufschlagen sie den Behälter B100 jeweils mit einem Druck von 50 bar, mit 3 unterschiedlichen Ventilstellungen.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Grundstellung.EST**“ –

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

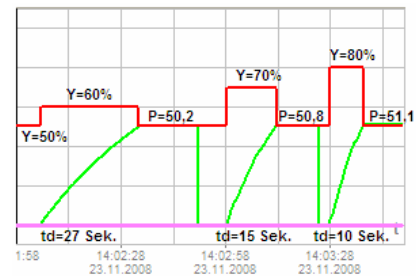
Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

- Einstellungen:
1. Y = 60%
 2. Y = 70%
 3. Y = 80%

Setzen Sie, jedesmal wenn der Druck erreicht ist den Messwert wieder auf Null.

Ergebnis:

So ähnlich sollte der Kurvenverlauf der Messwerte sein.
Der rote Trend ist die Ventilstellung von PC101-1.
Der grüne Trend ist der Messwert (Druck)



Erkenntnisse:

- Je weiter das Ventil geöffnet ist, desto schneller ist der Druck erreicht. (was zu erwarten war).

- Es wird immer schwieriger den genauen Druck einzustellen. (ich war immer etwas zu spät dran)
- Der Druckanstieg wird immer „steiler“.

Es lässt sich ein Gradient (Druckanstieg pro Sekunde) errechnen.
(am einfachsten geht dies, wenn man sich den Trend ausdruckt und mit einem Lineal die Abstände misst.

Eine weitere Möglichkeit ist, den Trend auf „**STOP**“ zu nehmen, mit der Maus die Positionen anzufahren und die entsprechenden Werte abzulesen. Die Maus wird dann zur „Leselinie“)

Y = 60%	Gradient = 1,85 bar / Sekunde
Y = 70%	Gradient = 3,33 bar / Sekunde
Y = 80%	Gradient = 5,12 bar / Sekunde

Die Gradienten gelten natürlich nur für diese Simulation. In der Realität geht dies meist nicht so schnell, was natürlich auch von der Größe der Behälter und vom Kv-Wert der Ventile abhängt.

Untersuchung der Regelstrecke.

Übung 3

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Streckenverhalten HV3 Zu. EST**“

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Anhand verschiedener Ventilstellungen soll das dynamische Verhalten einer Druckregelstrecke beobachtet werden.

Dazu möchten wir sehen wie sich der Druck verhält wenn der Eingang unterschiedlich weit geöffnet wird, aber keine Möglichkeit besteht den Druck wieder abzusenken.

Im Gegensatz zu den beiden ersten Übungen, wo HV1 und HV2 offen waren, ist nun HV2 geschlossen. Damit die Abblasfunktion nicht einspringt, wurde der Vordruck auf 90 bar eingestellt.

Aufgabe:

Bringen Sie PIC101-1, in Fahrweise **HAND**, auf die drei angegebenen Einstellungen und warten Sie ab was passiert. Wenn sich der Druck nicht mehr ändert, nehmen Sie die nächste Einstellung vor. Setzen Sie, jedes mal wenn der Druck konstant bleibt, Y auf 50% und den Messwert wieder auf Null.

- Einstellungen:
1. Y = 60% → Druck konstant → 50% → **Messwert auf NULL setzen**
 2. Y = 70% → Druck konstant → 50% → **Messwert auf NULL setzen**
 3. Y = 80% → Druck konstant → 50% → **Messwert auf NULL setzen**

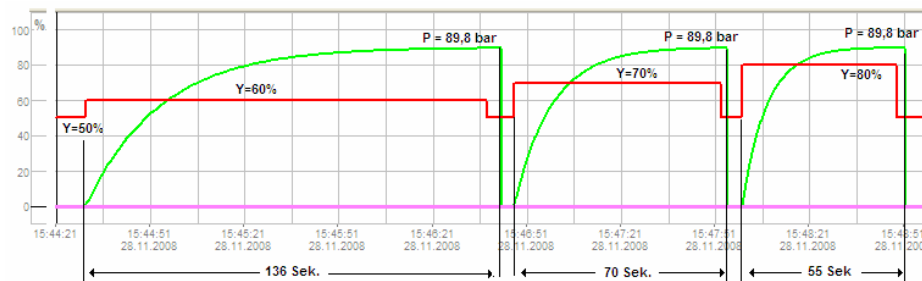
Ergebnis:

- Die Regelstrecke „antwortet“ mit allmählichem, aber langsamer werdendem Anstieg.
- In allen drei Versuchen stellt sich im Behälter jedes mal der gleiche Druck ein.
- Der Behälterdruck ist jedesmal so hoch wie der Eingangsdruck.
- Je weiter das Eingangsventil geöffnet ist, desto schneller wird der Enddruck erreicht.

Erkenntnisse:

Je höher der Druck im Behälter steigt, desto geringer wird die Druckdifferenz zwischen Eingangsdruck

und dem Behälterdruck. Dadurch strömt, bei gleicher Ventilstellung immer weniger Gas in den Behälter, - solange bis Eingangsdruck und Behälterdruck sich ausgeglichen haben.



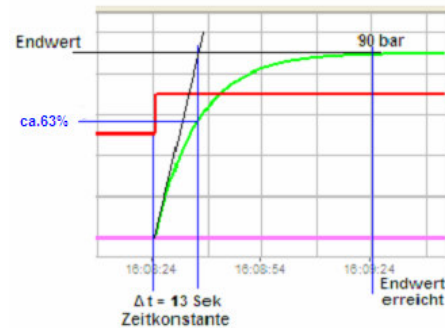
Ein solches Verhalten nennt man **Verzögerungsverhalten erster Ordnung** oder einfach **PT1-Verhalten**.

Die Regelstrecke wird als **Regelstrecke 1. Ordnung** bezeichnet.

An den Kurvenverläufen lässt sich eine typische **Zeitkonstante** ermitteln.

Legt man eine Tangente an den Druckanstieg, beginnend am Startpunkt und zieht diese zum Kreuzungspunkt mit dem Endwert, so erhält man eine Zeitkonstante „T“, nach der ca. 63% des Endwertes erreicht ist.
Nach 3 mal T sind ca. 95% des Endwertes erreicht.

Ermitteln Sie die Zeitkonstanten an den 3 obigen Beispielen.



Übung 4

Dynamische Streckenverhalten bei stetigen Druckverlust.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Streckenverhalten HV3 Auf. EST**“
Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“
 aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Der stetige Druckverlust wird durch öffnen von HV3 mit 20% simuliert. Dadurch strömt ständig ein Teil des Gases wieder aus dem Behälter heraus.

Aufgabe:

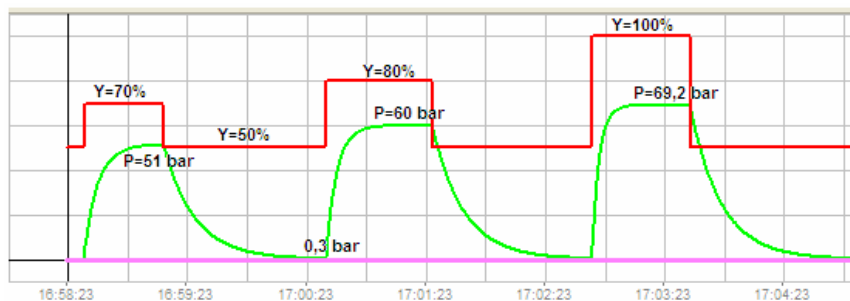
- HV3 20% und Auf
- HV4/5 auf **Anfahren** stellen.
- Bringen Sie PIC101-1, in Fahrweise HAND, auf die drei angegebenen Einstellungen und warten Sie ab was passiert.
- Nachdem der Druck konstant bleibt stellen Sie Y auf 50% ein.

Einstellungen: 1. Y = 70% Druck konstant → 50% Druck konstant weiter
 2. Y = 80% Druck konstant → 50% Druck konstant weiter
 3. Y = 100% Druck konstant → 50%

Ergebnis:

- Die Regelstrecke „antwortet“ mit steilem, aber langsamer flacher werdenden Anstieg, oder Abfall.

- Im Behälter wird **nicht**, wie im vorherigen Versuch, der Eingangsdruck erreicht.



- Es stellt sich jedes mal ein neuer **Beharrungszustand** ein.

- Mit steigender Ventilöffnung und gleichem Verbrauch nähert sich der Druck im Behälter immer mehr dem Eingangsdruck an.

Erkenntnisse:

Je höher der Druck im Behälter steigt, desto mehr Gas entweicht auch wieder über HV3, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausgang einstellt.

Ein solches Verhalten nennt man, wie bereits bekannt, **Verzögerungsverhalten erster Ordnung** oder einfach **PT1-Verhalten**. Die Regelstrecke wird als **Regelstrecke 1. Ordnung** bezeichnet.

Da sich jedes mal ein neuer **Beharrungszustand** einstellt, bezeichnet man eine Druckregelstrecke auch als **Regelstrecke mit Ausgleich**.

Auch hier lassen sich die unterschiedlichen Zeitkonstanten beim hoch- und runterfahren des Druckes ermitteln.

Übung 5

Den Behälterdruck, in Fahrweise HAND, auf einem konstanten Wert halten.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei **„Druck Streckenverhalten HV3 Auf. EST“**
Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“
 aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Der stetige Druckverlust wird durch öffnen von HV3 mit 20% und HV4/5 **Anfahren** simuliert. Dadurch strömt ständig ein Teil des Gases wieder aus dem Behälter heraus.

Aufgabe:

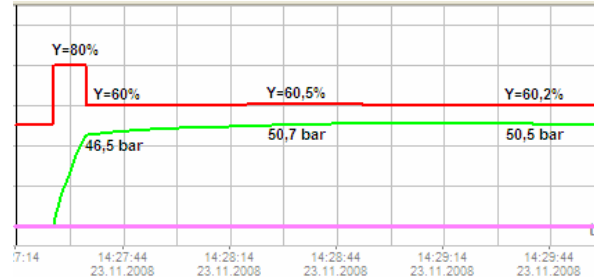
Beaufschlagen sie, in Fahrweise HAND, den Behälter mit einem Druck von 50 bar, und versuchen Sie den Wert zu halten.

Ergebnis:

So ähnlich könnte der Verlauf der Messwerte aussehen.

Der rote Trend ist die Ventilstellung (Y) von PC101-1.

Der grüne Trend ist der Messwert von PC101 (Druck)



Erkenntnisse:

- Zu Beginn kann man das Ventil recht weit öffnen.
- Kurz vor Erreichen des Endwertes muss das Ventil gedrosselt werden.
- PC101-1 darf nicht ganz geschlossen (auf 50% eingestellt) werden, sondern bleibt leicht geöffnet.
- Beim Einpegeln des Druckes kann es vorkommen, dass der Messwert mehrmals über- oder auch unterschwingt.
- Je nach Erfahrung lässt sich der Druck mehr oder weniger schnell gut abfangen und einstellen.

Übung 6

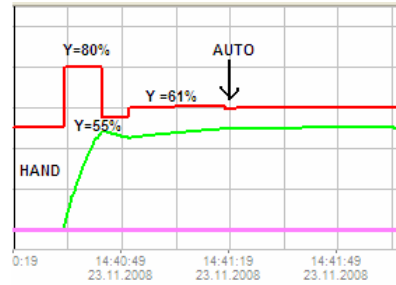
Aufgabe:

Gleiche Aufgabe wie bei Übung 5
Zusätzlich den Regler in Stellung **AUTOMATIK** umschalten.

Fahren Sie den Behälterdruck zunächst in Fahrweise **HAND** auf 50 bar und schalten Sie dann den Regler in AUTO um.

Ergebnis:

So ähnlich sollte der Verlauf der Messwerte sein.
Der rote Trend ist die Ventilstellung (Y) von PC101-1.
Der grüne Trend ist der Messwert (X) von PC101 (Druck)

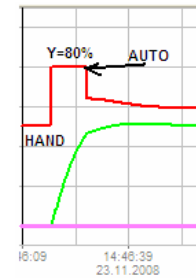


Ein Regelkreis wird wie folgt in Betrieb genommen:

1. Zunächst in Fahrweise **HAND** möglichst genau auf den geforderten Wert fahren.
2. Führungsgröße (Sollwert) auf die Regelgröße (Istwert) einstellen.
Dies ist ein sog. Soll- Istwertabgleich.
3. Wenn der Abgleichindikator **grün** ist, in **AUTO** umschalten
4. Den Sollwert eventuell auf den Endwert nachstellen.

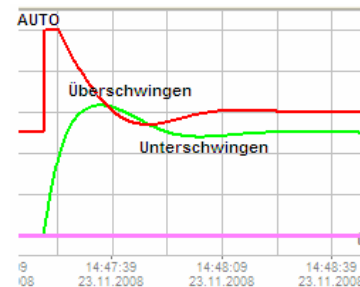
Erkenntnisse:

So kann es aussehen, wenn zunächst der Druck in HAND an den Sollwert herangefahren wird und das letzte Stückchen der Regler erledigt.



Oder zu guter Letzt, wenn man alles dem Regler überlässt.

Wegen des Über- und Unterschwingens der Regelgröße (Druck) ist dies nicht zu empfehlen !



Übung 7.1

Untersuchung der erweiterten Regelstrecke.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Streckenverhalten 2 Behälter.EST**“
Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“
 aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

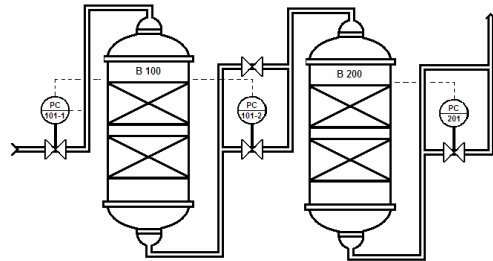
B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Im folgenden Versuch beurteilen wir das dynamische Streckenverhalten wenn zwei Druckbehälter hintereinander geschaltet sind.

Zunächst PC101 in HAND und Y auf 50% einstellen.



Beim Trend Taster **P-B200** wie abgebildet schalten.

P-B200

Druck von B200 auf Schreiber

Aufgabe:

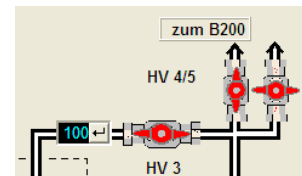
Der Vordruck beträgt 90 bar.

HV 4/5 so einstellen, dass der Ausgang von B100 zum B200 führt.

Die Überströmung zum B200 wird über HV3 auf 100% eingestellt.

HV6 und HV7 beim B200 sind ZU.

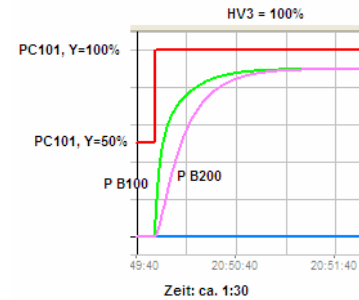
PC201 in HAND und Y auf 100% einstellen. (Ventil ist jetzt Zu)



Öffnen Sie PC101-1 in Fahrweise HAND auf 100% und beobachten Sie wie sich die Drücke in B100 und B200 entwickeln.

Ergebnis:

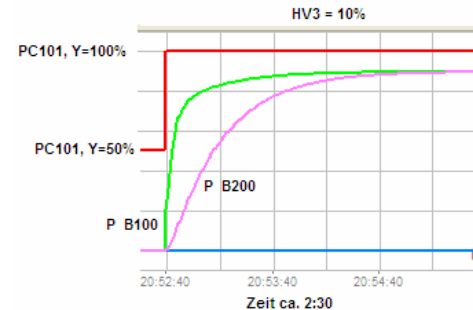
- Wenn HV3 zu 100% geöffnet ist, steigen die beiden Drücke in den Behältern leicht zeitversetzt an.
- Der Druck im B100 steigt schneller an als der Druck im B200.
- Beide Behälter kommen gemeinsam nach ca. 3 Minuten zum Druckausgleich.
- Wenn HV3 nur zu 10% geöffnet ist, ist der Druckanstieg im B100 wesentlich steiler als im B200.
- Beide Behälter kommen gemeinsam nach ca. 5 Minuten zum Druckausgleich.



Erkenntnis:

Der B100 wird über HV1 befüllt. Der ansteigende Druck wird über HV4/5 allmählich an den B200 weitergeleitet. Der Druck im B200 steigt langsamer an als im B100.

Hängt man mehrere solcher Druckbehälter hintereinander, so ist zu erwarten, dass der Druckanstieg von Behälter zu Behälter immer flacher wird. Insgesamt gesehen wird aber keiner der Behälter (Speicher) früher einen Druckausgleich erlangen als der letzte Behälter in der Kette.



Der Verlauf des Druckanstieges vom B200 zeigt eine Regelstreck mit höherer Ordnung.

Erweiterete Aufgabe:

Führen Sie den gleichen Versuch mit HV3 = 10% durch.

Übung 7.2

Untersuchung der erweiterten Regelstrecke mit höherem Speicherverhalten.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Streckenverhalten 4 Behälter.EST**“
Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“
 aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

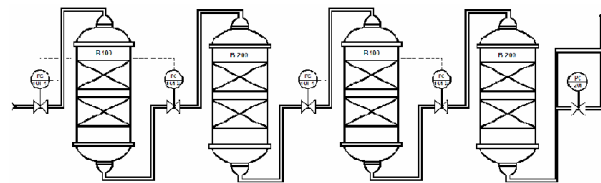
Im folgenden Versuch beurteilen wir das dynamische Streckenverhalten wenn mehrere Druckbehälter hintereinander geschaltet sind.

Aufgabe:

- B200 Speicherverhalten **höhere Ordnung**
- HV3 auf 100%
- HV4/5 zum **B200** einstellen
- Stellen Sie den Trend so ein, dass nur der Verlauf von PC201 zu sehen ist. (Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Dies kann auch auf der Seite TREND geschehen)

Führen Sie den gleichen Versuch wie bei 7.1 beschrieben nochmals durch.

Das Model simuliert nun vier hintereinander geschaltete Behälter.



Ergebnis:

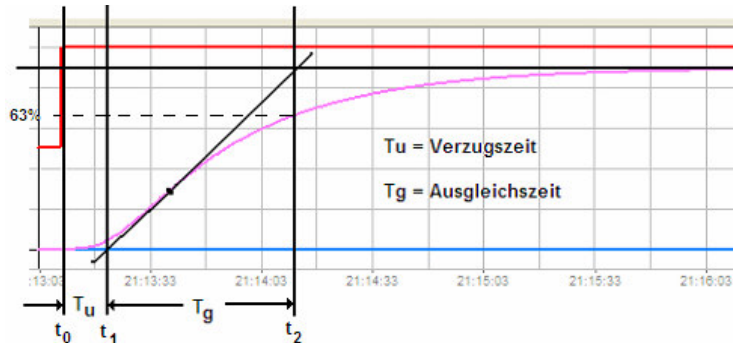
B100 wird durch den Fülldruck zuerst befüllt und leitet den ansteigenden Druck verzögert weiter. Bis der Druck im letzten Behälter ankommt vergeht etwas Zeit in welcher der Druck nur langsam ansteigt. Dann wird der Druckanstieg steiler um später wieder abzuflachen, bis hin zum Druckausgleich.

Durch einzeichnen einer Wendetangente (am steilsten Kurvenverlauf) lassen sich zwei Zeitkonstanten dieser Regelstrecke ermitteln.

T_u ist die Verzugszeit und **T_g** die Ausgleichzeit.

T_u beginnt zum Zeitpunkt des Eingriffes bei **t₀** und endet am Schnittpunkt der Wendetangente mit der Grundlinie bei **t₁**.

T_g beginnt bei **t₁** und endet am Schnittpunkt der Wendetangente mit der Geraden des Endwertes bei **t₂**.



Auch hier lässt sich beobachten, dass am Ende der Ausgleichzeit wieder ca. 63% des Endwertes erreicht ist. Allerdings ist hier der Bereich zwischen Wendepunkt der Tangente und dem Endwert zu betrachten.

Übrigens: Dieses Speicherverhalten zeigen nicht nur Druckspeicher. Das gleiche Verhalten zeigen auch Apparate in welchen Wärmeübergänge stattfinden, oder kurz gesagt alles was ein Speicherverhalten aufweist.

Im oben untersuchten Modell spricht man von **Regelstrecken höherer Ordnung**. Die Ordnungszahl ist durch die Anzahl der Speicher festgelegt. Im ersten Beispiel (2 Behälter) ist diese eine Regelstrecke **mit Ausgleich 2. Ordnung**. Im letzten Beispiel ist es eine Regelstrecke **mit Ausgleich 4. Ordnung**.

Die Ordnungszahl „n“ lässt sich wie folgt annäherungsweise berechnen:
$$n = \frac{10 \times T_u}{T_g} + 1$$

Durch ausmessen mit dem Lineal erhalten wir für $T_u = 7 \text{ mm}$, für $T_g = 28 \text{ mm}$, - ergibt $n = 3,5$

Je kleiner die Verzugszeit im Vergleich zur Ausgleichszeit ist, desto besser lässt sich die Strecke regeln !

Zusatzaufgabe:

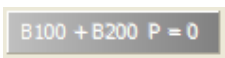
- Wiederholen sie den Versuch mit unterschiedlichen Einstellungen für a) das Speicherverhalten und b) mit unterschiedlichen Öffnungen von HV3.
- Bestimmen Sie die Zeitkonstanten.

Übung 8.1

Produktion

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Druck Produktion 1.EST**“
Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“
aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.



Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Folgende Produktionsanforderung soll mit dieser Simulation erarbeitet und beurteilt werden.

Der B100 soll ein mit Kathalysator gefüllter Reaktor darstellen, in welchem ein vorhandenes Gasgemisch bei einem Druck von 50 bar und konstantem Durchfluss zur Reaktion gebracht werden soll.

Da das Model keine Temperaturveränderung wiedergibt, werden lediglich Druck und Durchfluss zur Beurteilung herangezogen.

Folgende Einstellungen sind vorgegeben:

Vordruck 90 bar
Abblasdruck 100 bar
HV1 AUF, Umgang 0%
PC101 in HAND, Y = 50%, W = 50 bar
HV2 AUF
HV3 AUF und 20 %
HV4/5 auf **Anfahren**
Auf der Seite TREND sollte PC101 und FI101 erfasst werden.

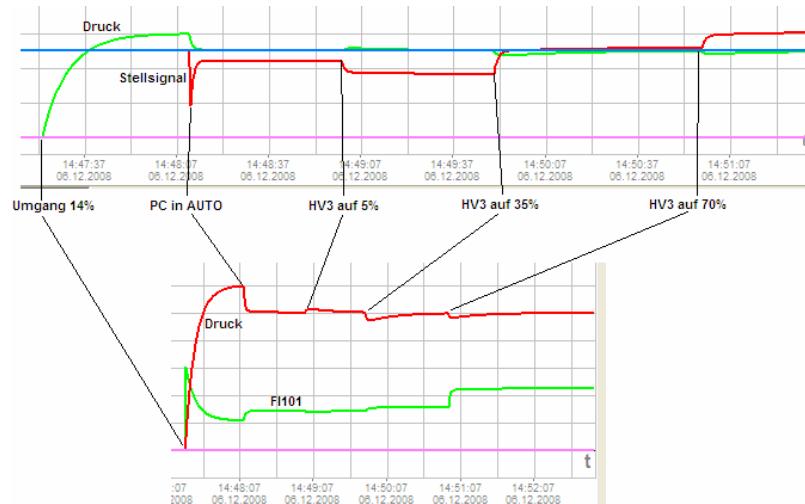
Als nächsten werden wir, um die Reaktion genau zu sehen die Regelstrecke etwas unkonventionell in Betrieb nehmen:

- a) Sicherstellen, dass am PC101 der Sollwert „W“ auf 50 bar und HAND Y=50% eingestellt sind.
- b) Umgang auf 40% öffnen, warten bis sich der Druck nicht mehr verändert.
- c) PC101 danach in AUTO umschalten, warten bis Druck konstant bleibt.
- d) HV3 auf 5 % einstellen, warten bis Druck konstant bleibt.
- e) HV3 auf 35 % einstellen, warten bis Druck konstant bleibt.
- f) HV3 auf 70 % einstellen, warten bis Druck konstant bleibt.

Ergebnis:

1.) Nachdem der Umgang geöffnet ist, steigt der Druck über die geforderten 50 bar an. FI101 stellt sich auf niedrigem Durchfluss ein.

2.) Nach umschalten in AUTO wird der Druck auf 50 bar eingeregelt. Der Druck fällt. FI101 steigt leicht an.



3.) Beim verändern von HV3 auf 5% und 35% verändert sich jeweils kurzzeitig der Druck. Der Regler sorgt jedes mal wieder für den Ausgleich. FI101 bleibt innerhalb einer kleinen Schwankungsbreite konstant.

4.) Beim verändern von HV3 auf 70% regelt der Regler den Druck aus. FI101 macht einen Sprung nach oben und bleibt dort. Es strömt mehr Gas in den B100 als vorher.

Erkenntnis:

Zu Punkt 1:

Über den Umgang strömt mehr Gas in den B100 hinein, als über HV3 abströmen kann. Es stellt sich ein höherer Druck ein. FI101 zeigt den kleinsten Wert, weil die Druckdifferenz zum Vordruck geringer ist als in den folgenden Einstellungen.

Der Prozess entspricht nicht den Forderungen. – Der Druck liegt nicht bei 50bar.

Zu Punkt 2:

Nachdem der Regler in AUTO geschaltet wurde, wird über das Ausgangsventil die überschüssige Gasmenge abgeregelt. In kurzer Zeit stellt sich ein konstanter Gasstrom und ein konstanter Druck ein.

Zu Punkt 3:

Solange über HV3 nicht mehr Gas abströmen kann als über den Umgang einströmt, bleiben Druck und Durchfluss, bis auf die Einregelzeiten konstant. Die „Spitzen“ können über das Ausgangsventil abgeregelt werden. Das Eingangsventil bleibt immer geschlossen!

Der Prozess entspricht somit den Forderungen von a) gleichbleibende Gasmenge und b) gleichbleibender Druck.

Zu Punkt 4:

Sobald mehr Gas über HV3 abströmt als über den Umgang in den B100 einströmen, muss der Regler den fallenden Druck über das Eingangsventil wieder ausgleichen, was zu einem höheren Gastrom führt.

Der Prozess entspricht nicht mehr den Forderungen. – FI101 ist nicht mehr konstant.

Resume:

Diese Art der Regelung kann Druckschwankungen ausgleichen.

Ein konstanter Gasstrom ist nur innerhalb begrenzter Parameter zu erreichen, die abhängig von der Einstellung vom Umgang ist. Das Regelventil im Eingang darf sich nicht öffnen.

Die Gasmenge kann nicht aktiv geregelt werden.

Übung 8.2

Produktion

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei **„Druck Produktion 1.EST“**

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Der nächste Versuch soll das Verhalten der Regelstrecke mit einem nachgeschalteten Behälter zeigen.

Führen Sie den Versuch ähnlich wie in 8.1 mit folgenden Änderungen durch

1.)

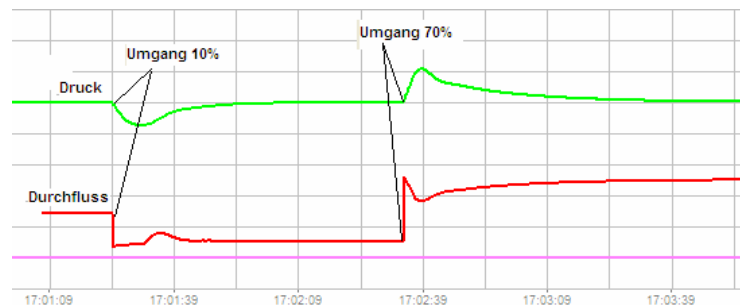
- Sicherstellen, dass am PC101 der Sollwert „W“ auf 50 bar und HAND Y=50% eingestellt sind.
- HV 4/5 steht auf „anfahen“
- Umgang auf 40% öffnen, warten bis sich der Druck nicht mehr verändert.
- PC101 danach in AUTO umschalten, warten bis Druck konstant bleibt.
- verändern Sie die Einstellung des Umgangs zunächst auf 10% und dann auf 70%
Welchen Einfluss hat dies auf den Druck und den Durchfluss ?

Ergebnis bei Umgang 10%:

- Druck fällt kurz ab und wird dann auf 50 bar eingeregelt.
- Druchfluss sinkt.

Ergebnis bei Umgang 70%:

- Druck steigt kurz an und wird dann auf 50 bar eingeregelt.
- Druchfluss steigt.



Laden Sie die Datei **„Druck Produktion 2.EST“**

2.)

- a) Sicherstellen, dass am PC101 der Sollwert „W“ auf 50 bar und HAND Y=50% eingestellt sind.
- b) HV4/5 steht zum B200,
- c) HV 6 vom B200 ist AUF
- d) PC201 (B200) Sollwert auf 50 bar und in AUTO nehmen.
- e) Umgang auf 40% öffnen, warten bis sich der Druck nicht mehr verändert.
- f) PC101 danach in AUTO umschalten, warten bis Druck konstant bleibt.
- g) verändern Sie die Einstellung des Umgangs zunächst auf 10% und dann auf 70%
Welchen Einfluss hat dies auf den Druck und den Durchfluss ?

Ergebnis Umgang 40% offen:

- Obwohl das Regelventil im Ausgang vom B100 ganz geöffnet ist bleibt der Druck über dem geforderten Wert.
Nur der Regler vom B200 kann seinen Druck halten.
Ursache ist hierbei das zu geringe Druckgefälle zwischen den beiden Behältern.

Ergebnis Umgang 10% offen:

- Den gleichen Effekt sieht man auch wenn der Umgang nur 10% geöffnet ist.
Allerdings geht jetzt die Durchflussmenge rapide zurück.

Resumee:

- Nur wenn zwischen beiden Behältern ein entsprechend großes Druckgefälle herrscht können beide Regler den Druck ausregeln.
- Innerhalb gewisser Grenzen ist der Durchfluss nur abhängig von der Stellung des Umganges im Einlass vom B100. Vorausgesetzt der Druck im B100 kann konstant gehalten werden.
- Durch entsprechende Einstellung von HV 3 bzw. HV 7 lassen sich die Regelventile in einen optimalen Regelbereich bringen.
Sollte z.B. das Ausgangsregelventil vom B100 ständig ZU sein, und der Druck lässt sich nicht absenken, obwohl ein entsprechendes Druckgefälle zum B200 vorhanden ist, dann öffnet man HV 3 etwas um eine entsprechende Gasmenge um das Regelventil herum zu fahren.
Mit diesem „Trick“ kann die Regelcharakteristik der Belastung angepasst werden.
Dies funktioniert natürlich nur, wenn Regelventile einen „Umgang“ besitzen.

Übung 9

Einstellen des Druckmessumformers.

Versuchsvorbereitung

Laden Sie die Datei „**Einstellung MU 1.EST**“

Prüfen Sie nach dem Laden immer ob bei einem Regler die „permanente Übernahme“ aktiviert wurde. Deaktivieren Sie diese eventuell.

B100 + B200 P = 0

Anklicken um den Messwert auf „0“ zu setzen

Am Schreiber den **Aufnahme-Button** anklicken

Es soll gelernt werden, wie im laufenden Betrieb ein Druckmessumformer eingestellt wird, ohne dass der Ablauf dadurch beeinträchtigt wird.

Nehmen Sie den Prozess wie folgt in Betrieb:

B100 ist mit 50 bar im Automatikbetrieb.

Der Behälterausgang HV 4/5 steht zum „anfahren“.

HV 3 ist zu 20% geöffnet.

Der Schreiber protokolliert die Druck „hoch“ Alarmierung.

Nach dem Laden von **Einstellung MU 1.EST** abwarten bis der Druck konstant ist.

Sobal der Druck konstant ist beobachten Sie den Istwert vom Regler und die Vergleichsmessung.

Sie stellen fest, dass die Anzeigen unterschiedliche Werte anzeigen.

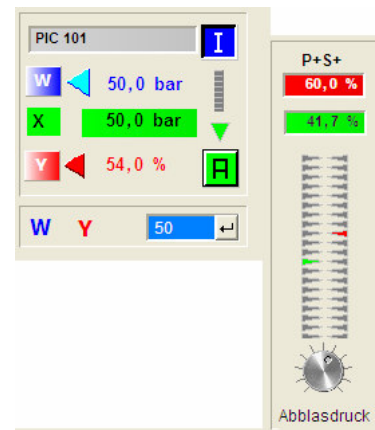
Die Vergleichsmessung vom P+S+ zeigt den tatsächlichen Druck an.

Das Istwert vom Regler zeigt das Ausgangssignal des Messumformers an.

Wenn wir unterstellen, dass die Vergleichsmessung der Realität entspricht, dann kann man daraus schließen, dass der Messbereich oder der Nullpunkt des Messumformers falsch eingestellt ist.

Probieren Sie zunächst ohne Anleitung den Fehler zu beheben.

ACHTUNG der Grenzwert wurde auf 60% eingestellt und darf nicht verstellt werden !



Korrigieren Sie die Einstellung des Messumformers wie folgt:

Schalten Sie zuerst die permanente Werteübernahme vom Sollwert W und Ausgangssignal Y aus!

1. Regler in HAND nehmen
Beim Umschalten darf sich der Wert von Y nicht verändern !
2. Ins Bild „Messumformer“ wechseln
3. Um zu prüfen ob der Nullpunkt korrekt eingestellt ist muss der Messumformer „abgehängt“ und entspannt werden.
Dazu den Absperrhahn schließen und die Entlüftung öffnen.
(Beides durch anklicken der Symbole)

Der Messumformer muss nun 4 mA anzeigen.
Passen Sie eventuell den Wert mit dem kleinen Schieberegler an.

4. Sofern der Messbereich verstellt ist, passen Sie dies mit dem großen Schieberegler an.

Der Messbereich muss von 0 bar bis 100 bar gehen!

5. Entlüftung schließen
6. Absperrhahn öffnen
7. Wechseln ins Bild B100
8. Den Wert in Fahrweise HAND auf 50 bar hochfahren.
9. Darauf achten, dass W und X den gleichen Wert haben.
10. Regler umschalten in AUTO.

Bei der Inbetriebnahme des Reglers darf kein Hochalarm vom Druck ausgelöst werden.

Weitere Aufgabe zum Thema Messumformer einstellen:

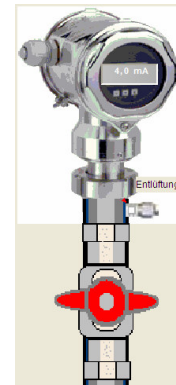
Laden Sie *Einstellung MU 2.EST*

1. Warten Sie bis die Anlage im Gleichgewicht ist.
2. Analysieren Sie den Zustand
3. Ergreifen Sie die entsprechenden Maßnahmen

Weitere Aufgaben:

Laden Sie die Dateien mit der Bezeichnung *Analyse ..EST*.

Analysieren Sie was hier nicht richtig läuft.



Untersuchung der Regelparameter

Übung 8

Zur Untersuchung der Regelparameter gehen Sie wie folgt vor:

1. fahren Sie die Anlage bei 50 bar in einen stabilen Zustand
2. „frieren“ sie den Istwert ein indem Sie den Schalter neben Kp betätigen.
3. Schalten Sie am Schreiber nur den Sollwert W und das Ausgangssignal Y ein.

Sie sehen jetzt nur noch wie sich das Ausgangssignal verhält wenn sie den Sollwert verändern.

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:

1. Tn auf 0 einstellen
Tv auf 0 einstellen
Kp auf 2, 3, 4, 5, 6, 7, einstellen
Verstellen Sie den Sollwert jedesmal auf 30 bar und 70 bar und beobachten sie den Schreiber.
2. Stellen Sie nun einen Festen Wert für Kp ein. (z.B. 2)
3. Tn auf 2, 4, 6, 8, 10, 20 einstellen.
Verstellen Sie den Sollwert jedesmal auf 30 bar und 70 bar und beobachten sie den Schreiber.