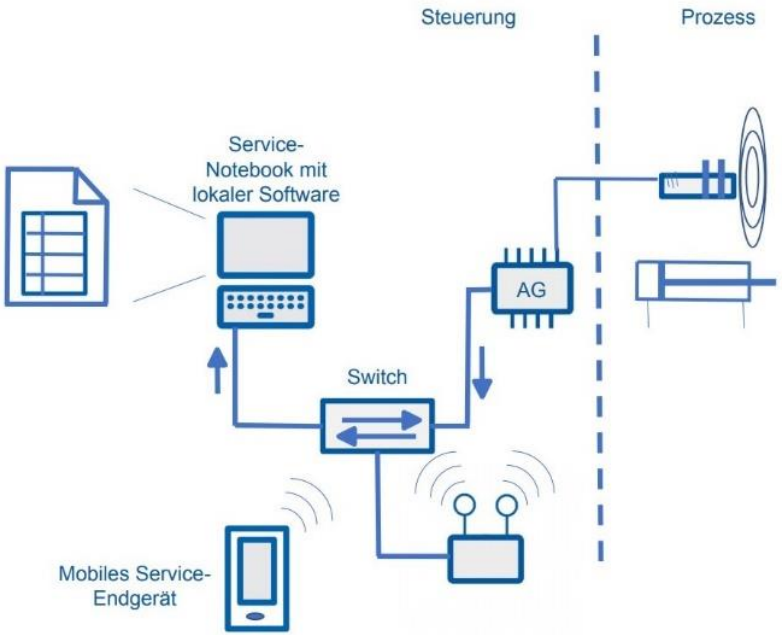
Akademie für Lehrerfortbildung

Digitale Transformation

Energieeffizienz in der Pneumatik

M2.3



Interdisziplinäre Qualifizierung von Lehrkräften in den Berufsfeldern Elektrotechnik, Metalltechnik und Informationstechnologie

CC BY SA

Inhalt

Impressum 2
Didaktische Überlegungen 3
Lab 01 – Luftverbrauchsmessung 4
Lab 02 – Druckluftverbrauch optimieren 7
Lab 03 - Energieoptimiertes Spannen 12
Lab 04 – Prozessgerechte Spanndruckanpassung 15
Lab 05 – Monitoring und Fernzugriff 17
Lab 06 – Prozessdaten dokumentieren 19
Lab 07 - Zweipunktregelung 21
Ausstattung für Laborübungen 23
Fortbildungsmodule der Fortbilungsinitiative 25

IMPRESSUM

Herausgeber:	Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Kardinal von Waldburg-Str. 6-7 89407 Dillingen/Donau
Redaktionsgruppe:	Thorsten Kawan, Staatl. Berufl. Schulzentrum Bamberg Dr. Robert Richter, Staatl. Berufl. Schulzentrum Bamberg Peter Lang, Johann-Bierwirth-Schule Memmingen Markus Wießner, Johann-Bierwirth-Schule Memmingen Jochen Sobota, Berufliches Schulzentrum Oskar-von-Miller Schwandorf I Josef Niklas, Berufliches Schulzentrum Oskar-von-Miller Schwandorf I Hans Kaufmann, ehem. Fachberater BaWü
Redaktionsleitung:	Michael Lotter, Akademie Dillingen
URL:	http://alp.dillingen.de
Mail:	m.lotter@alp.dillingen.de
Stand:	Dezember 2022

Dieses Dokument steht unter einer CC BY-SA 4.0-Lizenz. Urheber ist die genannte Redaktionsgruppe der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen.

DIDAKTISCHE ÜBERLEGUNGEN

Die Aktorik mit pneumatischen Komponenten in Produktionsumgebungen hat sich von einfachen Anlagen mit mechanisch einstellbaren Komponenten weiterentwickelt und ermöglicht u. a. das Mitschreiben der Fertigungsdaten, die Überwachung und Dokumentation von Prozesszeiten, Drücken und Durchflüssen, das exakte und schnelle Einstellen/Umstellen von Anlagen über Software auch dezentral, das Parametrieren von Anlagen über Software, die Anlagenbedienung und -wartung über mobile Serviceendgeräte.

Für die Facharbeit in diesem Tätigkeitsumfeld bedeutet dieser technologische Wandel zum einen eine Veränderung der gestellten Anforderungen und zum anderen eine Erweiterung des Gestaltungsspielraums, z. B. die kompetente Einflussnahme auf eine energieeffiziente Auslegung der Anlagen.

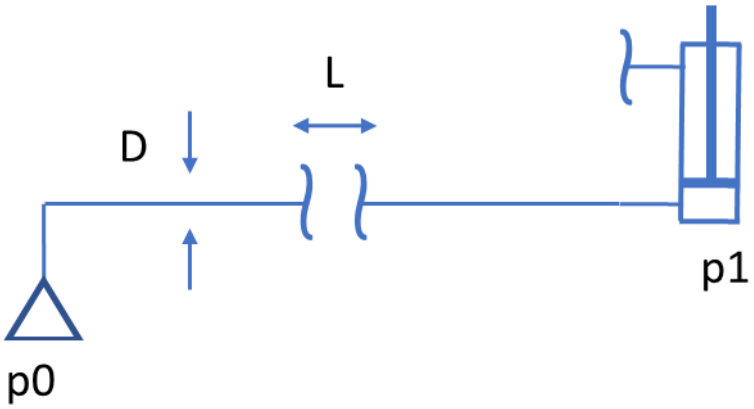
Das Modul M2.3 „Energieeffizienz in der Pneumatik“ zielt daher auf eine Anpassungsqualifizierung ab, um praxisgerecht energieeffiziente Anlagen mit pneumatischen Aktoren erstellen und bewerten zu können.

Das Prozesswissen der beruflichen Handlungen soll in folgenden Bereichen angepasst werden.

- Physikalisches Verhalten der Komponenten soll untersucht werde, damit diese technisch richtig eingesetzt werden können.
- Daten wie Druck und Durchfluss sollen mit Sensoren (analog) gemessen werden und auf einem PC aufgezeichnet und visualisiert werden.
- Mobile Endgeräte sollen für das Monitoring und das Steuern der Anlage genutzt werden.
- Entscheidungen über den technischen Aufbau einer Anlage sollen auf Grundlage von Messdaten gefällt werden
    - Effiziente Auswahl und Anordnung der Komponenten
    - Zufuhr der notwendigen Druckluft entsprechend des Prozesses durch Druckregelventile und prozessbezogene Anordnung der Stromventile.
- Komponenten werden elektrisch angesteuert, hierbei wird auf effizienten Stromverbrauch geachtet (Vorgesteuerte Ventile, Umschaltstromabsenkungen, nur notwendige Ansteuerzeiten programmieren)
- Die Ansteuerung erfolgt über speicherprogrammierte Kleinsteuerungen.
- Die Anlage wird vor realer Inbetriebnahme virtuell in Betrieb genommen.
- Steuerungslogik soll mit grafischen Programmiersprachen umgesetzt werden.
- Komponenten sollen für den Fernzugriff vernetzt werden.
- Die Visualisierung der Prozess- und Messdaten auf den Endgeräten wird über Dashboards gestaltet.

LAB 01 – LUFTVERBRAUCHSMESSUNG

Der Luftverbrauch an einer pneumatischen Anlage soll optimiert werden, dazu ist es notwendig die Daten zum Luftverbrauch zu erfassen.



Prozesswissen

- Anlage nach Vorgabe aufbauen und in Betrieb nehmen.
- Druckverlust bzw. Energieverlust in Abhängigkeit von Schlauchlängen und Querschnitten messen, dokumentieren und bewerten
- Werte grafisch als Diagramm auswerten und interpretieren
- Analoge Werte digital erfassen und darstellen
- Visualisierung der Daten auf mobilen Endgeräten
- Steuerung der Anlage (Fernzugriff) über mobile Endgeräte (App)

Aufgaben

Druckluftenergie wird durch Schläuche geleitet. Es ist zu untersuchen welcher Energieverlust hier entsteht. Mit Drucksensoren und einem Durchflusssensor werden die Daten erfasst.

Es wird der Widerstand folgender Schläuche untersucht:

a. Schlauch 4 mm, d_{innen}= 2 mm, 2m lang
b. Schlauch 4 mm, d_{innen}= 2 mm und 10 m lang
c. Schlauch 6 mm, d_{innen}= 4 mm und 10 m lang

1. Bauen Sie Sie die Versuchsanordnung nach Plan auf.
2. Stellen Sie das Druckregelventil auf 0 bar ein.
3. Öffnen Sie das Druckregelventil entsprechend der Vorgabe.
4. Dokumentieren Sie die Messwerte in einer Tabelle und stellen Sie die erfassten Daten in einem geeigneten Diagramm dar.
5. Interpretieren Sie die Ergebnisse.
6. Übertragen Sie Ihre Erkenntnisse in praxisrelevante Herausforderungen (typische Energieverluste, Folgekosten bei fehlerhafter Installation).

Ausbaustufe 1 - Vernetzung

1. Erweitern Sie die Versuchsanordnung um einen AD/DA-Wandler (z. B. EasyPort), damit Sie mit Sensordaten in einer Messsoftware (z. B. EasyPort_WLAN) veranschaulichen und dokumentieren können.

Ausbaustufe 2 – Lesender Fernzugriff

1. Vernetzen Sie Ihr mobiles Endgerät mit der gegebenen Infrastruktur.
2. Nutzen Sie den Fernzugriff auf die Schaltung und die Visualisierungsmöglichkeiten der Messdaten auf dem mobilen Endgerät für eine Fernwartung.

Ausbaustufe 3 – Steuernder Fernzugriff und Energieoptimierung

1. Nutzen Sie den Fernzugriff auf die Schaltung, um über Ihr mobiles Endgerät aktiv zu schalten (Ein- und Ausschalten der Steuerung, Anpassung des Drucks).
2. Optimieren Sie die Steuerung energetisch, durch eine bedarfsgerechte An- und Abschaltung der Luftversorgung.

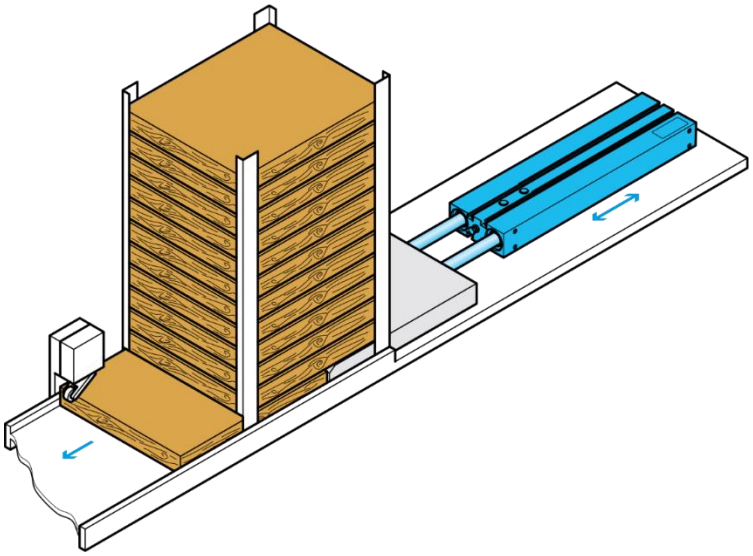
Notizen

LAB 02 – DRUCKLUFTVERBRAUCH OPTIMIEREN

Szenario

In einer Taktstraße werden Teile von einem Fallmagazin auf ein Montageband geschoben. Zum Zweck der Beurteilung der Energieeffizienz sollen 2 Varianten einer pneumatischen Steuerung verglichen werden

Technologieschema



Freigegeben durch Festo Didactic SE

Lerninhalte

- Anlagen nach Vorgabe aufbauen und in Betrieb nehmen.
- Software konfigurieren und die Simulationen nach Vorgabe durchführen.
- Werte aus Diagrammen auslesen, bewerten und interpretieren.
- Kosten verschiedener Drosselungsarten vergleichen.
- Zusammenhang zwischen Anordnung, Auswahl von Komponenten, Drosselungsarten und Energieeffizienz auf Grundlage von Messergebnissen erkennen und pneumatische Steuerungen optimieren.

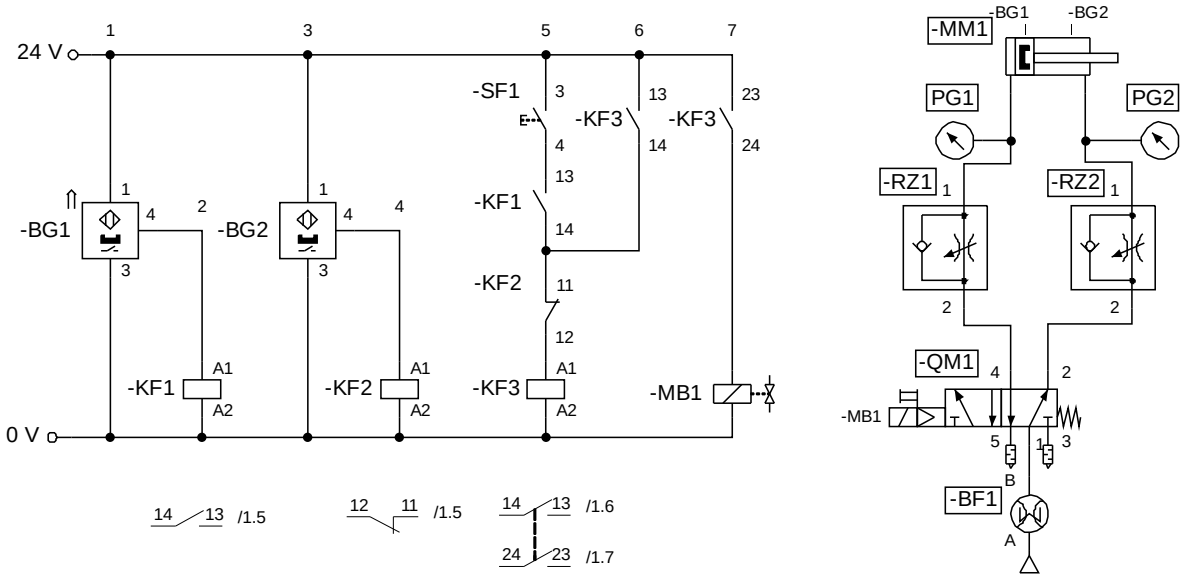
Aufgaben

Werkstücke werden von einem Fallmagazin auf ein Förderband geschoben. Ermitteln Sie den jeweiligen Druckluftverbrauch und die jährlichen Kosten. In einer Taktstraße laufen 5 Zylinder mit 8 Doppelhüben in der Minute. Es wird im 2-Schicht-Betrieb mit je 8 Std. an 250 Tagen im Jahr gearbeitet. Die Druckluftkosten sind 0,10 € / Nm^3. Die Werkstücke benötigen im Durchschnitt eine Ausschiebekraft von 50 N.
Berechnen Sie die Druckluftkosten pro Jahr.

Weitere Rahmenbedingungen:

- Ausschiebezylinder 20/8/100, Messungen bei einer Ausschiebekraft von 0 N, 50 N dann 100 N.
- Die Versuche werden mit FluidSIM nach den Schaltplänen durchgeführt.
- Anlage 1: Ausführung mit Abluftdrosselung (Drosselöffnung 5%)
- Anlage 2: Ausführung mit Zuluftdrosselung (Drosselöffnung 5%) und Druckregelventil (1 bar)

Anlage 1

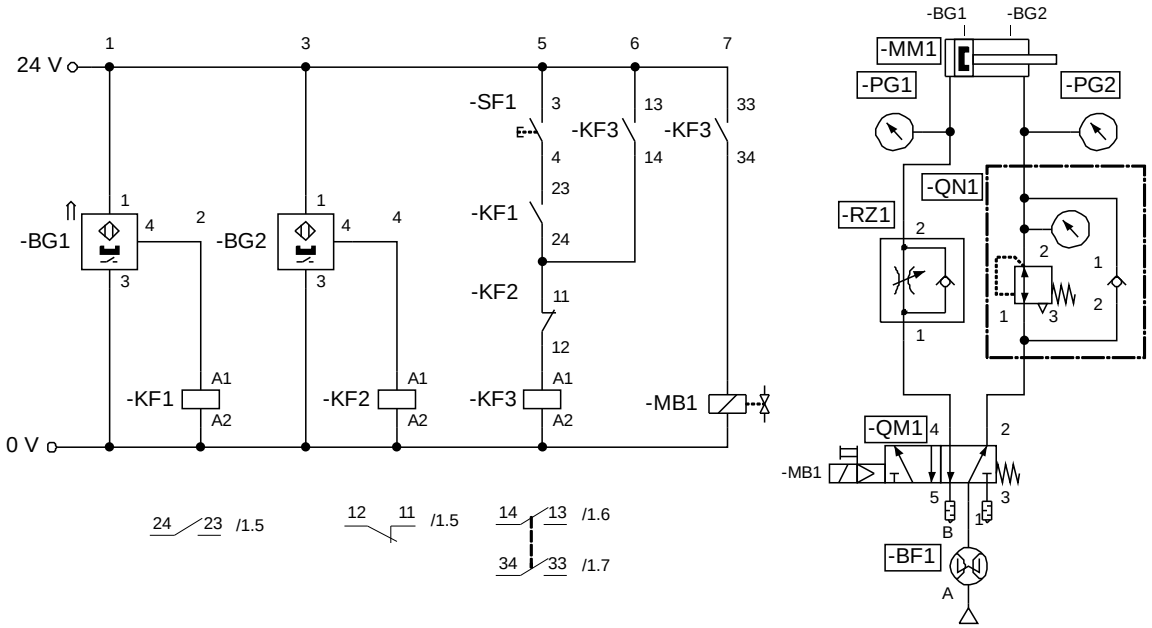


Hinweis: Einstellen des Schaltbereiches -BG1 = 0 mm, -BG2 = 100 mm

Führen Sie die Simulation wie folgt durch:

1. Stellen Sie die Drosseln auf 5% Öffnung ein!
2. Stellen Sie die Ausschiebekraft auf 0 N ein!
3. Wiederholen Sie den Versuch mit einer Ausschiebekraft von 50 N und 100 N! Rückfahrkraft immer 0 N
4. Dokumentieren Sie die Messergebnisse für die 3 verschiedenen Ausschiebekräfte.
    a. PG1 ausfahren in bar
    b. PG1 einfahren in bar
    c. PG2 ausfahren in bar
    d. PG2 einfahren in bar
    e. Druckluftverbrauch in Liter für einen Doppelhub

Anlage 2



Hinweis: Einstellen des Schaltbereiches -BG1 = 0 mm, BG2 = 100 m

Führen Sie die Simulation wie folgt durch:

1. Stellen Sie die Drossel auf 5% Öffnung ein!
   Stellen Sie das Druckregelventil auf ca. 1 bar ein!
2. Stellen Sie die Ausschiebekraft auf 0 N ein!
3. Wiederholen Sie den Versuch mit einer Ausschiebekraft von 50 N und 100 N!
4. Dokumentieren Sie die Messergebnisse für die 3 verschiedenen Ausschiebekräfte.
   a. PG1 ausfahren in bar
   b. PG1 einfahren in bar
   c. PG2 ausfahren in bar
   d. PG2 einfahren in bar
   e. Druckluftverbrauch in Liter für einen Doppelhub

Auswertung

1. Berechnen Sie jeweils die Druckluftkosten pro Jahr bei 50 N Ausschiebekraft!
2. Reflektieren Sie die Ergebnisse.

Ausbaustufe 1

1. Bauen Sie die beiden Anlagen jeweils real auf und sammeln Sie die relevanten Messdrücke (während der Zylinderbewegung)!
    - Verwenden Sie als Widerstand mehrere handbetätigte Wegeventile!
2. Berechnen Sie den Luftverbrauch mit Hilfe der Messwerte aus dem Versuchsaufbau.
3. Beurteilen Sie die Varianten (Zuluftdrosselung /Abluftdrosselung) beim Ausschieben von Teilen.

Ausbaustufe 2 (optional) – Aufzeichnung der Messdaten

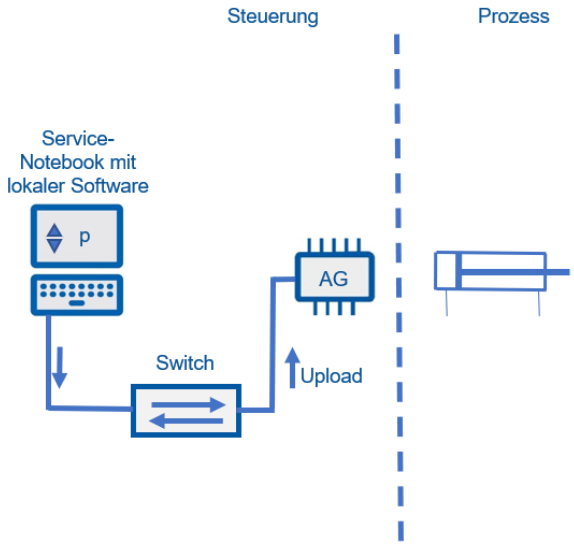
1. Ersetzen Sie die Manometer durch Drucksensoren
2. Erfassen Sie die Messdaten auf einem mobilen Endgerät.

Notizen

LAB 03 - ENERGIEOPTIMIERTES SPANNEN

Pneumatikzylinder spannen Werkstücke an einer Bohrstation. Die Steuerung übernimmt eine Kleinsteuerung (z. B. LOGO!8). Der Spanndruck soll in der Software eingestellt und visualisiert werden.

Technologieschema



Prozesswissen

- Anlage nach Vorgabe aufbauen und in Betrieb nehmen
- Aufgaben und Funktion der pneumatischen und elektropneumatischen Bauteile beschreiben
- Steuerung mit einem WLAN -Netzwerk verbinden
- Programm erstellen und Anlage in Betrieb nehmen
- Einbindung analoger und binärer Signale
- Webserver aktivieren und nutzen
- Luftverbrauch durch möglichst kurze Pneumatikleitungen reduzieren.
- Zuluftdrosselung bei geeigneter Zylinderlage verwenden.
- Dauerbestromung von elektropneumatischen Bauteilen vermeiden.

Aufgaben

Werkstücke werden mit einem Pneumatikzylinder (20/8/100) gespannt. Der Spanndruck beträgt 4,5 bar. Die Bedienung erfolgt mit je einem Taster für Spannen und Lösen. Die pneumatische Schaltung ist energieeffizient auszuführen. Die Steuerung wird mit einer Kleinsteuerung (z. B. LOGO!8) ausgeführt.

Weitere Anforderungen:

- Die Ausfahrgeschwindigkeit ist zuluftgedrosselt damit der Kolben langsam auf das Werkstück trifft. Ausfahrzeit ca. 2 Sekunden. Der Spanndruck soll beim Bohrvorgang sicher gehalten werden.
- Beim Einfahren soll ein Druck von ca. 1 bar über ein Druckregelventil eingestellt sein.
- Aus Gründen der Unfallverhütung soll das Werkstück gespannt bleiben, auch wenn die Stromversorgung oder die Druckluftversorgung gestört ist. Der Kolben soll bei Druckluftausfall wieder eingefahren werden können (Speicher erforderlich).
- Der Spanndruck soll auf 4,5 bar eingestellt werden.
- Der korrekte Spanndruck soll durch eine Kontrollleuchte angezeigt werden.
- Es soll ein Meldetext im Display der Kleinsteuerung und auf einem mobilen Endgerät (z. B. Tablet, Mobiltelefon) ausgegeben werden. Im Meldetext enthalten sind
  der Anlagendruck, der Spanndruck und der Schaltzustand der Kontrollleuchte.
- Das Signal für „Spannen“ und „Lösen“ soll zusätzlich über ein mobiles Endgerät ermöglicht werden.

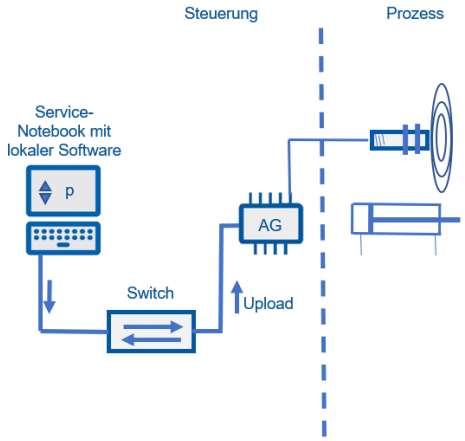
1. Interpretieren Sie die Funktion elektrischer und pneumatischer Bauteile aus dem Schaltplan.
2. Bauen Sie die Schaltung nach Vorgabe schrittweise auf.
3. Erstellen Sie das Programm für die Steuerung nach Vorgabe und übertragen Sie das Programm auf die Kleinsteuerung.

Notizen

LAB 04 – PROZESSGERECHTE SPANNDRUCKANPASSUNG

Die Flexibilität der vorhandenen Bohrstation soll ausgebaut werden. Werkstücke aus verschieden Materialien erfordern unterschiedliche Spanndrücke. Erweitern Sie die Anlage um eine intelligente Steuerung, die dieser Anforderung gerecht wird.

Technologieschema



Prozesswissen

- Programm erweitern und Anlage in Betrieb nehmen.
- Logik einer sensorgesteuerten Materialerkennung verstehen.

Aufgaben

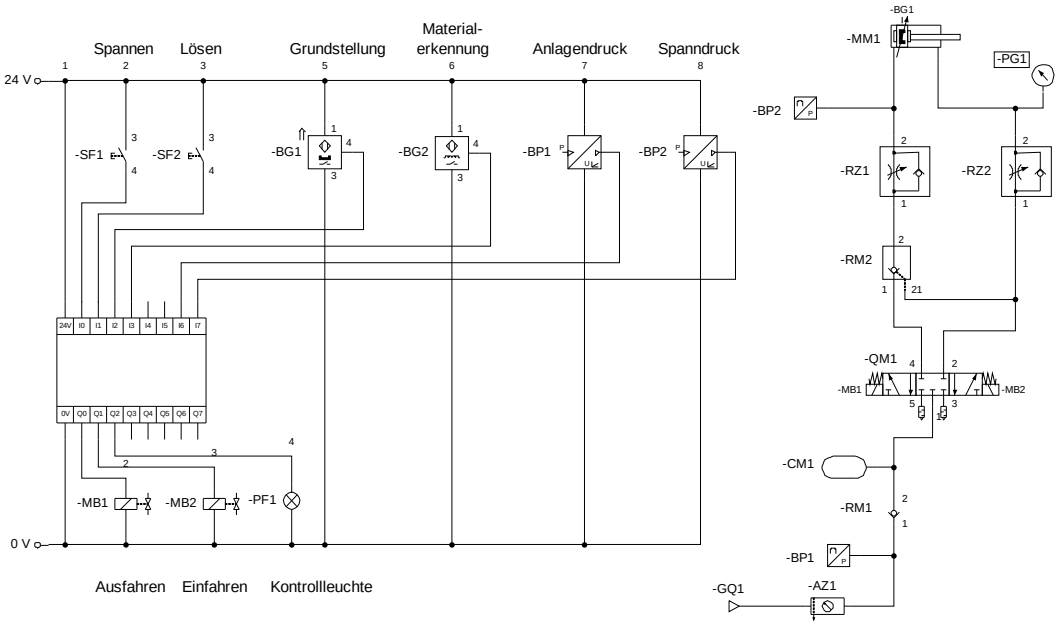
Werkstücke aus Metall oder Nichtmetall werden mit einem Pneumatikzylinder (20/8/100) gespannt. Der Spanndruck für Nichtmetalle beträgt 3,5 bar, für Werkstücke aus Metall beträgt der Spanndruck 4,5 bar.

Interpretieren Sie den erweiterten Schaltplan (siehe ergänzende Hinweise) unter Berücksichtigung der neuen Anforderungen.

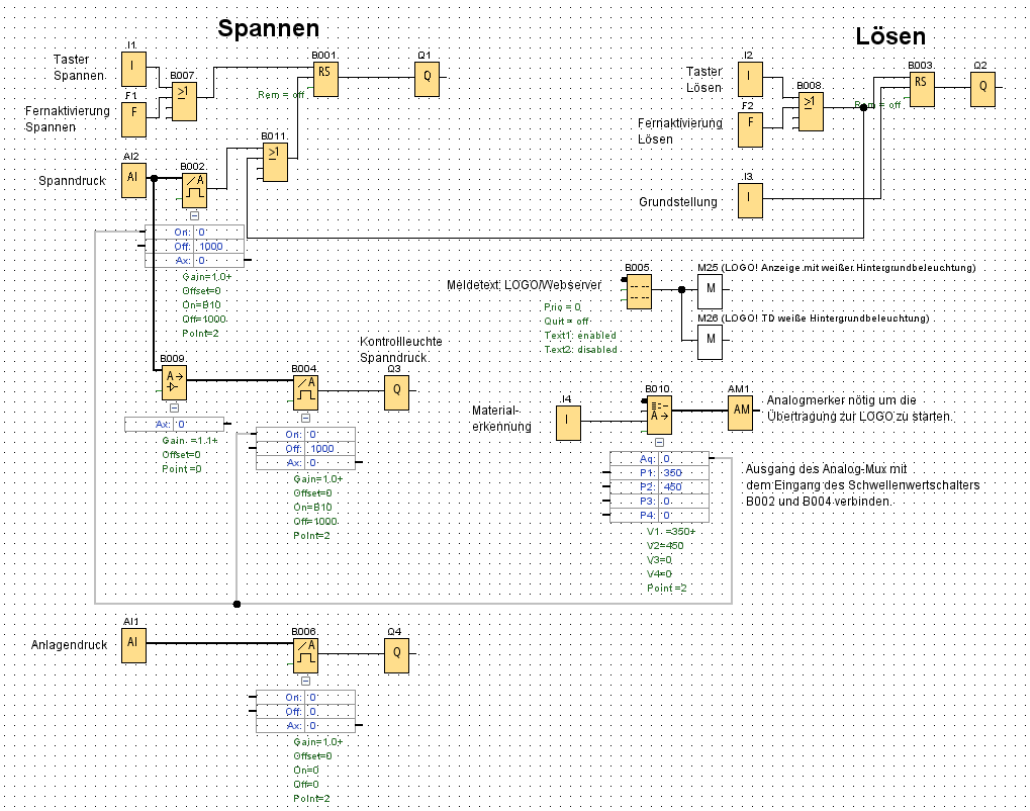
1. Erweitern Sie die Schaltung um den induktiven Sensor.
2. Ergänzen Sie das Programm für die Steuerung nach Vorgabe und konfigurieren Sie den Analogen-Mux (siehe ergänzende Hinweise).
3. Übertragen Sie das Programm auf die Kleinsteuerung.

Ergänzende Hinweise

Schaltpläne



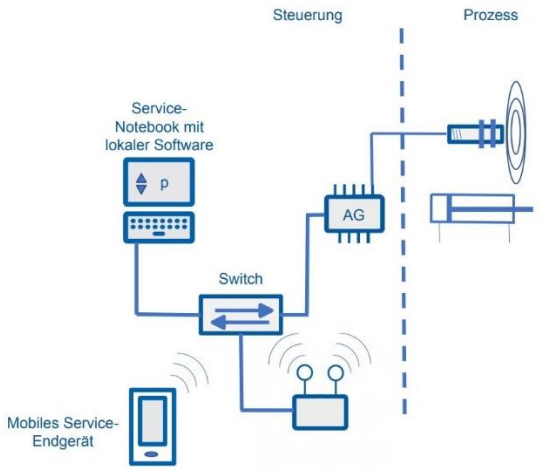
Logik-Diagramm



LAB 05 – MONITORING UND FERNZUGRIFF

Die Betriebszustände der vorhandenen Bohrstation sollen lokal und auf einem mobilen Endgerät visualisiert und parametriert werden können.
Erweitern Sie das Programm der Kleinsteuerung, um die geforderten Funktionen.

Technologieschema



Prozesswissen

- Meldetextbausteine konfigurieren
- Webserverfunktion auf Kleinsteuerung aktivieren und nutzen
- Webbasierter Einsatz mobiler Endgeräte

Aufgaben

Monitoring

Der Spannvorgang darf nur gestartet werden, wenn der Anlagendruck mindestens 6,5 bar beträgt. Der Facharbeiter soll sofortige Gewissheit über diesen Zustand durch eine zusätzliche Lampe und durch entsprechende Meldetexte im Display der Kleinsteuerung sowie im Webserver erhalten.

1. Erweitern Sie die Schaltung um eine Kontrolllampe für den Anlagendruck.
2. Konfigurieren Sie die entsprechenden Meldetexte in der Schaltung und übertragen Sie das Programm auf die Kleinsteuerung.

Fernzugriff

Die SPS-Steuerung und die Anlage sind meist räumlich voneinander getrennt. Zur Durchführung der Inbetriebnahme sowie von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten muss der Facharbeiter die Anlage ortsunabhängig über ein mobiles Endgerät parametrieren und aktivieren können.

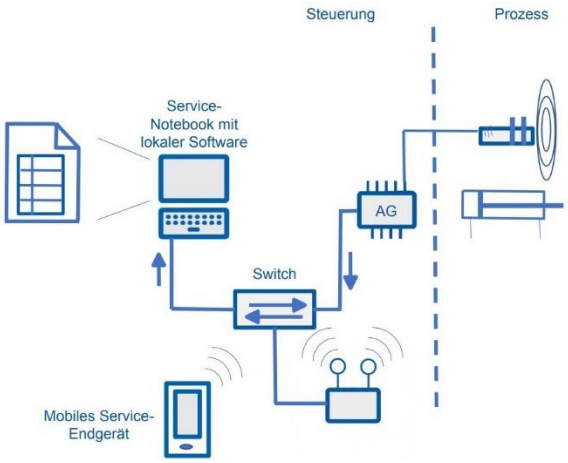
- Vergewissern Sie sich in den Einstellungen des Meldetextes, dass dieser auch über den Webserver der Kleinsteuerung angezeigt wird.

Notizen

LAB 06 – PROZESSDATEN DOKUMENTIEREN

In einer Produktionsumgebung müssen die Prozessdaten zur Qualitätssicherung erfasst und dokumentiert werden. Auch relevante Prozessdaten der Bohrstation sollen zum Zweck der Nachvollziehbarkeit dokumentiert werden.

Technologieschema



Prozesswissen

- Data Log-Baustein konfigurieren und nutzen
- Prozessdaten als CSV-Datei exportieren

Aufgaben

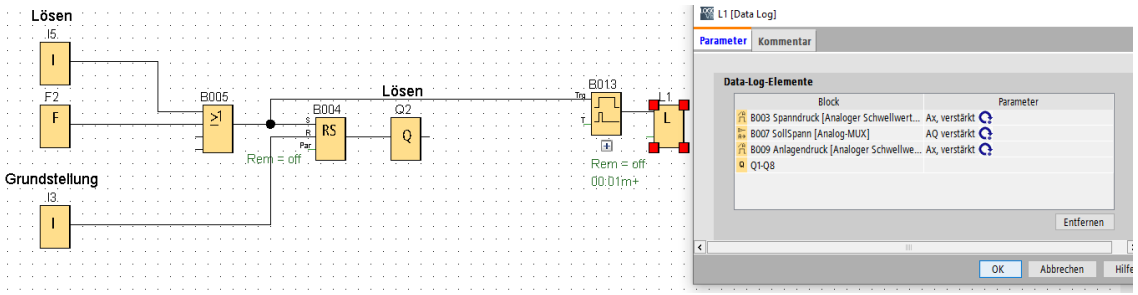
Bei der Bohrstation besteht der Anspruch der Qualitätssicherung in der Erfassung der Funktionstüchtigkeit der Kleinsteuerung und der Prozess- und Arbeitssicherheit beim Spannen und Bohren.

1. Erweitern Sie das Programm für die Steuerung nach Vorgabe, konfigurieren Sie den Data Log-Baustein und übertragen Sie das Programm auf die Kleinsteuerung.

2. Erzeugen Sie die gewünschten Prozessdaten durch eine kurzzeitige (5 Zyklen) Inbetriebnahme der Bohrstation und exportieren Sie die Daten in ein Tabellenkalkulationsprogramm.

Ergänzende Hinweise

Logik-Diagramm



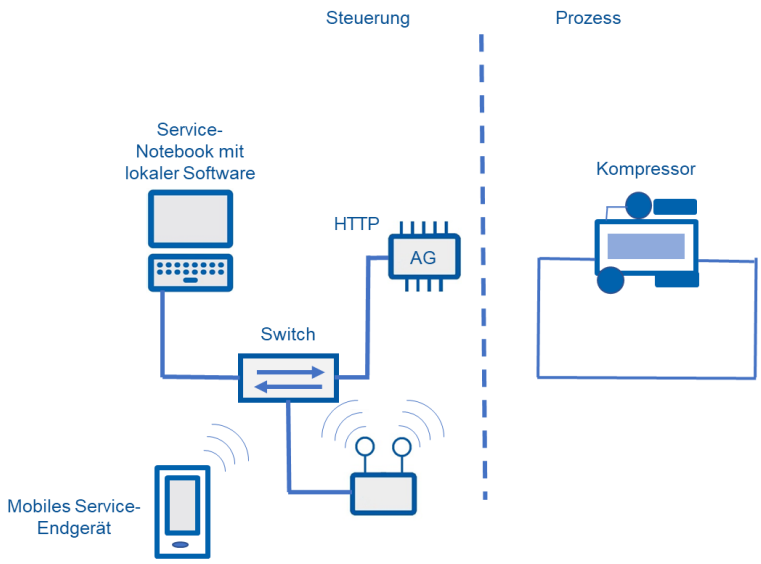
Notizen

LAB 07 - ZWEIPUNKTREGELUNG

Bei einer Werkzeugmaschine erfolgt der Werkzeugwechsel pneumatisch. Es besteht kein Anschluss an das Werksdruckluftnetz, deshalb wird die Druckluft mit einem kleinen Verdichter erzeugt. Flexibilität soll gewährt werden, weil sich der Prozess (unterschiedliche Werkstücke spannen) ändert. Deshalb muss die Regelung durch eine SPS erfolgen. Eine Regelung sorgt für einen energieeffizienten Prozess, weil nur der notwendige Druck zur Verfügung gestellt wird.

Für eine nachvollziehbare Qualitätssicherung werden die Ist-Druckwerte im laufenden Betrieb dokumentiert. Die Soll-Druckwerte werden über den Webserver der Kleinsteuerung eingestellt.

Technologieschema



Prozess- und Sachwissen

- Regelstrecke 1. Ordnung (PT1), dargestellt durch die Elemente Druckluftspeicher und Drosselventil
- Einstellungen am Regler vornehmen, sowohl
  - direkt im Programm als auch
  - über den Dienst des Webservers der Kleinsteuerung oder auch
  - per OPC und einer App.

Aufgaben

1. Bauen Sie die vorgegebene Schaltung auf.
2. Nehmen Sie das SPS-Programm in Betrieb und stellen Sie die Regelparameter ein.
3. Über den Dienst des Webservers der Kleinsteuerung soll der Regler einstellbar sein
4. Exportieren Sie die Prozessdaten nach Excel und stellen Sie diese in einem Diagramm dar.

Anforderungen

- Die Zeitkonstante der Regelstrecke ist von der Behältergröße und Drosselöffnung abhängig. Der Sollwert beträgt 5 bar.
- Damit der Regler nicht zu häufig schaltet (Verschleiß, Schwingungen) soll die Schaltdifferenz 0,4 bar betragen.
- Eine Meldelampe (Q3) soll anzeigen, wenn der Druck im Schaltdifferenzbereich ist.

Ausbaustufe - Simulation zum Kennenlernen des Regelkreises

In der Industrie werden häufig Prozesse zuerst simuliert und dann technisch umgesetzt. Oft erfolgen Werker-Schulungen an Simulatoren bevor an realen Anlagen gearbeitet wird, so z.B. Flugsimulatoren. Im Unterricht kann hier der Schüler am Simulationsprogramm die Anlage und deren Verhalten untersuchen.

AUSSTATTUNG FÜR LABORÜBUNGEN

Zur Durchführung der Laborübungen wird neben den Computern und Notebooks der Schulen folgende Ausstattung von der Fachgruppe „Aktoren/Sensoren“ empfohlen. Damit ist u. a. die didaktische Eignung und Industrietauglichkeit gewährleistet. Bei Abweichungen von den Ausstattungsempfehlungen ist auf diese Kriterien zu achten, damit die Intentionen der Laborübungen für Lehrerfortbildung und Unterricht erreicht werden.

Nr.	Bezeichnung	Menge
	0. Grundausstattung	
1	Simulationssoftware FluidSim 5	1
2	Verdichter	1
3	Aluminium-Profilplatte	1
4	Einschaltventil mit Filterregelventil, 5 µm	1
5	Kunststoffschlauch	1
6	Netzgerät für Aufnahmerahmen	1
7	4 mm Sicherheits-Laborleitungen, 106 Stück, rot, blau und schwarz	1
8	Steckverteiler (Quick Star Steckverschraubung)	4
9	Stopfen	2
10	Kompletter Ergänzungsgerätesatz Steuern mit LOGO! 8 TP EduTrainer	1
	1. Pneumatik	
	1.1 Aktuatoren	
11	Einfachwirkender Zylinder	1
12	Doppeltwirkender Zylinder	2
	1.2 Ventile	
13	3/2-Wegeventil mit Drucktaste, in Ruhestellung geöffnet	1
14	3/2-Wegeventil mit Drucktaste, in Ruhestellung gesperrt	2
15	3/2-Wege-Rollenhebelventil, in Ruhestellung gesperrt	4
16	3/2-Wege-Kipprollenventil, in Ruhestellung gesperrt	2
17	5/2-Wegeventil, einseitig druckluftbetätigt	1
18	5/2-Wege-Impulsventil, beidseitig druckluftbetätigt	2
19	Wechselventil (ODER)	1
20	Drosselrückschlagventil	4

21	Zweidruckventil (UND)	2
22	Druckschaltventil	1
	2. Elektrik	
	2.1 Ventile	
23	5/2-Wege-Magnetimpulsventil mit LED	2
24	5/2-Wege-Magnetventil mit LED (federrückgestellt)	2
	2.2 Sensoren	
25	Näherungsschalter elektronisch mit Zylinderbefestigung	4
26	Grenztaster elektrisch, Betätigung von links	2
27	Näherungsschalter, induktiv, M12	1
28	Näherungsschalter, kapazitiv, M12	1
29	Näherungsschalter, optisch, M12	1
30	Drucksensor mit Anzeige	1
	2.3 Relais	
31	Relais, 3-fach	2
32	Zeitrelais, 2-fach	1
	2.4 Schalter	
33	Signaleingabe elektrisch	1
	3 Informationstechnik	
34	Interface zum Messen Steuern, z.B. EasyPort	1
35	Steuerung LOGO!8 mit Software LOGO!Comfort	1
36	WLAN-Router z.B. Fritzbox	1

FORTBILDUNGSMODULE DER FORTBILUNGSINITIATIVE