



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Grundwissen Elektropneumatik Lösungen

Ein handlungsorientiertes Unterrichtsprojekt

4. Auflage

von
Friedrich Henninger und Thomas Pachtner

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 15813

Autoren:

Friedrich Henninger, OStR, Landshut
Thomas Pachtner, StD, Landshut

Bildbearbeitung:

Die Autoren mithilfe eines CAD-Programms

Das Unterrichtskonzept entstand im Rahmen des Modellversuchs „Fächerübergreifender Unterricht in der Berufsschule“ in Bayern unter der wissenschaftlichen Begleitung des Staatsinstituts für Schulpädagogik und Bildungsforschung, München und der Technischen Universität München.

Bedanken möchten wir uns bei den Fachlehrern Dr. Karl Greiner und Ernst Meyer für die Zusammenarbeit während des Modellversuchs.

Vielen Dank auch an die Fa. Festo für die freundliche Genehmigung des Abdrucks der Bilder auf den Seiten 47, 48, 52, 53 und 54.

4. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1585-3

Diesem Unterrichtsprojekt wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Normen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter selbst.

Verlag für DIN-Blätter: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Daniela Schreuer, 65549 Limburg

Umschlag: Michael M. Kappenstein, 60594 Frankfurt a. M.

Druck: Konrad Triltsch, Print und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohestadt

Vorwort

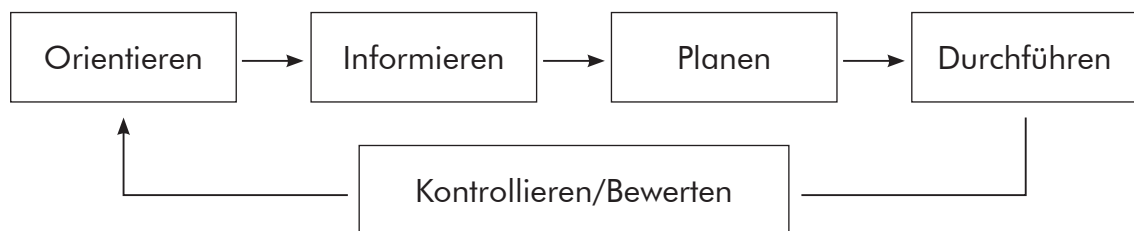
Eine enge Verknüpfung von Theorie und Praxis in der Berufsausbildung ist das grundsätzliche didaktische Anliegen einer zeitgemäßen Ausbildung und soll Auszubildende zum selbstständigen beruflichen Handeln befähigen. Dieses Ziel wird auch in den kompetenzorientierten Lehrplänen angestrebt. Das Lernen in Lernsituationen soll es ermöglichen, die betriebliche Praxis in die Schule zu holen.

Unser Lernheft greift diese Herausforderung auf und setzt sie mit dem Konzept des handlungsorientierten Unterrichts um. Als Lerngegenstand dient eine **elektropneumatische Steuerung einer Spannvorrichtung**.

Diese berufstypische Aufgabenstellung ist geeignet für die Ausbildung von Industriemechanikern, Feinwerkmechanikern und Mechatronikern.

Die angestrebte Handlungskompetenz erfordert neben fundiertem fachlichen Wissen und Können (Fachkompetenz) auch überfachliche Kompetenzen wie Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit (soziale Kompetenz) oder das Denken in Zusammenhängen, Zuverlässigkeit und Ausdauer (personale Kompetenz). Zusätzlich steht die selbstständige Wissenserweiterung, das selbstständige Planen und Ausführen von Steuerungen im Vordergrund (methodische Kompetenz). Diese Kompetenzen sind unmittelbare Voraussetzung für eine ganzheitliche Bildung und werden mit diesem Unterrichtskonzept gezielt gefördert.

Die Steuerungsaufgabe ist nach den sechs Handlungsschritten aufgebaut:



So lernen Schüler nicht nur elektropneumatische Steuerungen zu planen und auszuführen, sondern auch das systematische und zielstrebige Handeln. Diese Denkstruktur hilft besonders bei der Fehlersuche und führt zielstrebig zu selbstregulierten Lernprozessen und einem verbesserten Selbstkonzept der Schüler.

In der überarbeiteten **4. Auflage** wurden die aktuellen Normen im Bereich der Automatisierungstechnik nach DIN EN 81346-2 (5/2010) und ISO 1219-1 (6/2012) eingearbeitet. Der ausführliche Anhang liefert gezielte Hilfestellung zu einzelnen Lernabschnitten und pädagogische Überlegungen zum Unterricht.

Die im Schüler- und Lehrerheft vorkommenden Schaltpläne werden für das Computersimulationsprogramm „FluidSIM 5.0“ der Firma Festo angeboten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

Die Autoren wünschen den Auszubildenden und den Unterrichtenden viel Freude bei der Bearbeitung der Projektaufgabe.

Die Autoren und der Verlag sind allen Nutzern für kritische Hinweise und Verbesserungsvorschläge dankbar (lektorat@europa-lehrmittel.de).

Erklärung der Symbole

Die nachfolgenden Symbole finden Sie am linken Rand Ihrer Arbeitsblätter. Sie sollen Ihnen helfen, bei der Lösung des Steuerungsproblems systematisch vorzugehen.

- Dieses Zeichen erscheint immer, wenn Sie eine Handlung ausführen sollen. Wenn Sie fertig sind, machen Sie ein Kreuz in dieses Symbol. So können Sie und auch die Lehrkräfte sofort feststellen, wie weit Sie mit Ihrer Arbeit fortgeschritten sind.

 Die Brille kennzeichnet einen Beobachtungsauftrag.



Das aufgeschlagene Buch weist Sie darauf hin, dass Sie sich über ein Thema informieren sollen.

Diese Informationen erhalten Sie meistens aus den Informationsblättern im hinteren Teil des Lernhefts.

Weitere Informationsquellen sind Fachbücher, das Tabellenbuch oder digitale Medien.



An dieser Stelle müssen Sie etwas schreiben oder zeichnen. Dieses Symbol erscheint nicht, wenn leere Zeilen ohnehin einen eindeutigen Arbeitsauftrag symbolisieren.

Bei schwierigeren Aufgaben ist es sinnvoll, wenn vorerst nur ein Gruppenmitglied die Aufzeichnungen mit Bleistift schreibt und die Arbeitsblätter erst nach einer Besprechung mit dem Lehrer ausgefüllt werden.



Dieses Symbol verlangt einen Informationsaustausch. Er dient Ihrer Kontrolle, ob Sie auf dem richtigen Weg sind, die Steuerungsaufgabe zu lösen. Der Unterrichtende bestätigt die Richtigkeit mit seiner Unterschrift.

Unterschrift

Testen Sie Ihr Wissen

Diese Aufgaben bearbeiten Sie erst, nachdem Sie den Lernschritt verstanden haben. Sie sollen Ihr erworbenes Wissen testen.



Der erhobene Finger weist Sie auf etwas Wichtiges hin.

Inhaltsverzeichnis

Arbeitsblätter

	Seite	
1	Technologieschema der Spannvorrichtung	6
2	Erstellen von GRAFCET	7
3	Zeichnen eines Funktionsdiagramms	10
4	Beschreiben der Funktion	11
5	Signalglieder mit Handbetätigung	13
6	Einbauen von Relais	16
7	Anschließen von Sensoren	18
8	Anschließen eines Magnetventils	21
9	Signale logisch verknüpfen	23
10	Aufbauen der Schritte 1 und 2 der Steuerung	25
11	Aufbauen von Schritt 4 der Steuerung	27
12	Aufbauen von Schritt 5 der Steuerung	31
13	Elektropneumatischer Schaltplan	33
14	Beseitigen von Fehlern	34
15	Optimieren der Steuerung	37
16	Erweiterte GRAFCET-Darstellung	39
17	Aufbauen der Steuerung als Taktkette	40
18	Schaltplan der Taktkettensteuerung	41

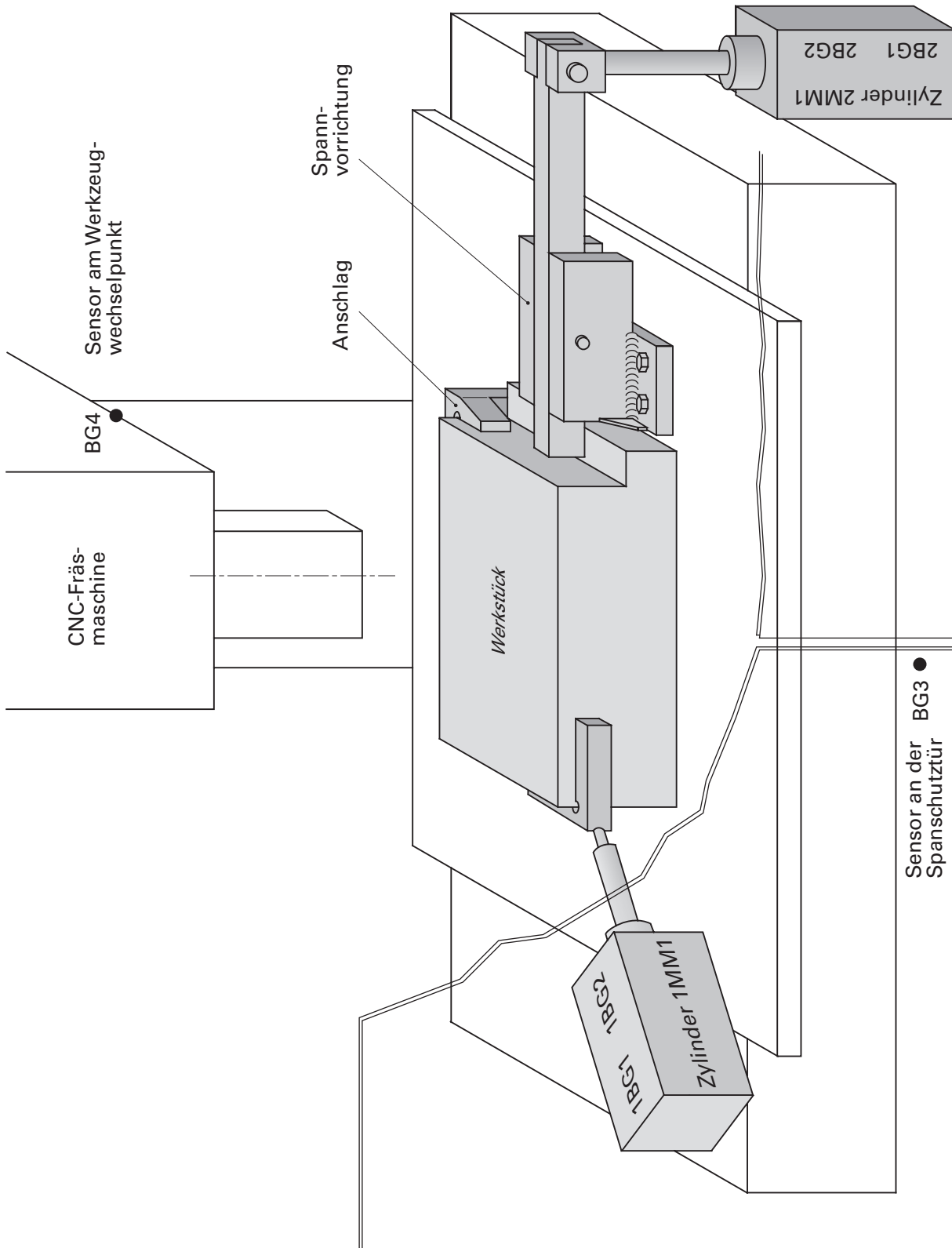
Informationsblätter

1	Funktionsdarstellung als GRAFCET	43
2	Das Funktionsdiagramm	45
3	Darstellung elektrischer Steuerungen	46
4	Mechanische Signalglieder	47
5	Das Relais	49
6	Sensoren (Näherungsschalter)	51
7	Vorgesteuertes Impulsmagnetventil	54
8	Signalverarbeitung	55
9	Planmäßiges Vorgehen bei der Fehlersuche	57
10	Not-Aus-Bedingungen	59
11	Erweiterte GRAFCET-Darstellung	60
12	Prinzip einer Taktkette	62

Stichwortverzeichnis	63
-----------------------------	-----------

Anhang	65
---------------	-----------

1 Technologieschema der Spannvorrichtung (schematische Darstellung)



5 Signalglieder mit Handbetätigung

Bei der Steuerung der Spannvorrichtung werden Taster verwendet, durch die Steuerimpulse zum Aus- und Einfahren der Spannzylinder in die Steuerung eingegeben werden.

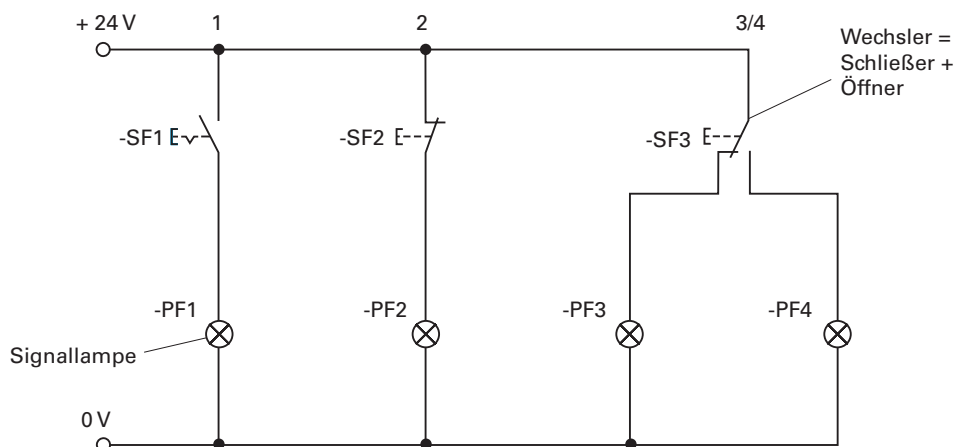
Aus diesem Grund lernen Sie den Aufbau und die Funktion elektrischer Kontaktsteuerungen und von Signalgliedern mit Handbetätigung kennen.

 Informieren Sie sich über elektrische Kontaktsteuerungen.

 Informieren Sie sich über mechanisch betätigte Signalglieder.

Aufgabe


Bauen Sie den nachfolgenden Schaltplan an der Arbeitstafel auf. Beachten Sie auch die darunter stehenden Hinweise. Zur Vereinfachung werden vorerst Lampen (statt Magnetventile) als Verbraucher verwendet.



- Legen Sie alle notwendigen Bauteile bereit.
- Befestigen Sie die Bauteile übersichtlich an der Arbeitstafel.
- Versorgen Sie die Plus- und Minusleiste der Bauteile mit Spannung.
- Kennzeichnen Sie im Schaltplan jedes neu eingebaute Stromkabel mit einem Haken.
- Testen Sie die einzelnen Strompfade.

- Bauen Sie den Steuerstromkreis auf und kontrollieren Sie die Funktion mithilfe der Kontrollleuchte am Relais.
- Schließen Sie den Hauptstromkreis an und kontrollieren Sie die Funktion.
- Zeichnen Sie in den Schaltplan auf Seite 16 zwei zusätzliche Strompfade ein. In Strompfad 3 wird eine Lampe mit einem Öffner des Relais KF1 und in Strompfad 4/5 werden 2 Lampen durch einen Wechsler des Relais KF1 betätigt.
- Bauen Sie den erweiterten Schaltplan auf und testen Sie die Funktion.
- Notieren Sie in der Zuordnungstabelle die Reaktion der Verbraucher mit „an“ oder „aus“.

KF1 (Schließer)	PF1	KF1 (Öffner)	PF2	KF1 (Wechsler)	PF3	PF4
KF1 unbetätigt	aus	KF1 unbetätigt	an	KF1 unbetätigt	an	aus
KF1 betätigt	an	KF1 betätigt	aus	KF1 betätigt	aus	an

-  Erstellen Sie rechts die Funktionstabellen für die Schaltlogik des Schließers und des Öffners.

Schließer Öffner

E	A	E	A
0	0	0	1
1	1	1	0

- ↔ Zeigen Sie Ihr Ergebnis dem Lehrer.

Unterschrift

Testen Sie Ihr Wissen

Erklären Sie die Funktionsweise eines Relais.

Der Steuerstrom eines Signalglieds baut in der Spule ein Magnetfeld auf.

Der Anker wird von der Magnetspule angezogen und öffnet oder schließt

Kontakte. Fällt der Steuerstrom ab, wird der Anker durch eine Feder

zurückbewegt.

Nennen und erklären Sie 3 Gründe, warum Relais eingesetzt werden.

Signalverstärkung durch evtl. eine höhere Spannung im Hauptstromkreis

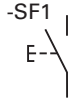
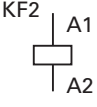
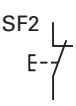
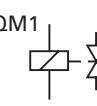

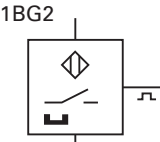
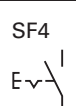
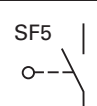
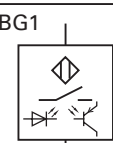
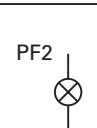

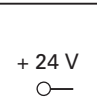
Logische Verknüpfungen sind möglich, z. B. UND, ODER, NICHT

Signalvervielfältigung, da ein Anker mehrere Kontakte betätigt.

Testen Sie Ihr Wissen

Einige der unten abgebildeten Symbole und Kurzzeichen kennen Sie bereits. Tragen Sie die vollständigen Bezeichnungen hinter dem jeweiligen Zeichen ein.

 Klären Sie die unbekanntenen Symbole mithilfe Ihrer Unterlagen.

	Taster SF1 als Schließer _____		Relais KF2 _____
	Taster SF2 als Öffner _____		Magnetventil QM1 _____
	Wechsler des Relais KF3 _____		Reedkontakt 1BG2 (Magnetschalter) _____
	Schalter SF4 als Schließer _____		mechanischer Grenz- taster SF5 als Schließer _____
	Optischer Sensor BG1 (Näherungsschalter) _____		Signallampe PF2 (Meldeeinrichtung) _____
	Schließer des Relais KF1 _____		Anschlussbuchse des Pluspols mit 24 Volt _____

 Klären Sie die unbekanntenen Kurzzeichen mithilfe Ihrer Unterlagen.

PF	Meldeeinrichtung	BG	Sensor (Umsetzer)
KF	Relais, Schütz	MB	Magnetspule
SF	el. Signalwandler	QM	Wegeventil

 Besprechen Sie die Lösung mit dem Lehrer.

Unterschrift

12 Aufbauen von Schritt 5 der Steuerung

Sie haben sich bereits Grundkenntnisse über elektropneumatische Steuerungen angeeignet und sind nun in der Lage, die Steuerung der Spannvorrichtung weitgehend selbstständig fertig zu stellen.

- Kontrollieren Sie noch einmal die Funktion der Schritte 1, 2 und 4 der Steuerung der Spannvorrichtung.
- Planen Sie Schritt 5 des Funktionsplans, zeichnen Sie die Lösung in den Gruppenschaltplan ein und bauen Sie Ihre Lösung an der Arbeitstafel auf.
- Kontrollieren Sie die Funktion der Steuerung und beseitigen Sie evtl. auftretende Fehler.

↔ Besprechen Sie Ihre Lösung mit dem Lehrer.

Unterschrift

 Ergänzen Sie den Schaltplan in Ihrem Lernheft.

Testen Sie Ihr Wissen

Mithilfe der nachfolgenden Fragen sollen Sie angehalten werden, die aufgebauete Steuerung noch einmal zu durchdenken. Die Antworten sind genau auf das Steuerungsproblem „Spannvorrichtung“ zu beziehen.

Beschreiben Sie den Strompfad 20. Es sollen die Eingangssignale und deren Wirkung deutlich werden.

Wenn der Zylinder 2MM1 eingefahren ist (2BG1, KF3) und die Startbedingungen (KF7) nicht erfüllt sind, wird das Magnetventil 1MB2 mit Strom beaufschlagt und schaltet.

Welche Aufgabe hat der Schließer des Relais KF7 in Strompfad 14?

Der Schließer des Relais KF7 baut die Selbsthaltung für den Strompfad 13 auf. So wird das Relais ohne alle Startbedingungen mit Strom versorgt.

Welche Aufgabe hat der Öffner des Relais KF4 in Strompfad 13?

Der Öffner des Relais KF4 löscht die Selbsthaltung.

14 Beseitigen von Fehlern

Bei Steuerungen lassen sich Fehlfunktionen einzelner Bauteile nie ausschließen. Jeder Stillstand einer Produktionsanlage kostet viel Geld und muss schnell behoben werden.

Aus diesem Grund lernen Sie Strategien zur effektiven Beseitigung von Fehlern kennen. Die Anwendung dieser Strategien ist Grundlage für ein effizientes betriebliches Qualitätsmanagement.

 Informieren Sie sich über die planmäßige Vorgehensweise bei der Fehlersuche.

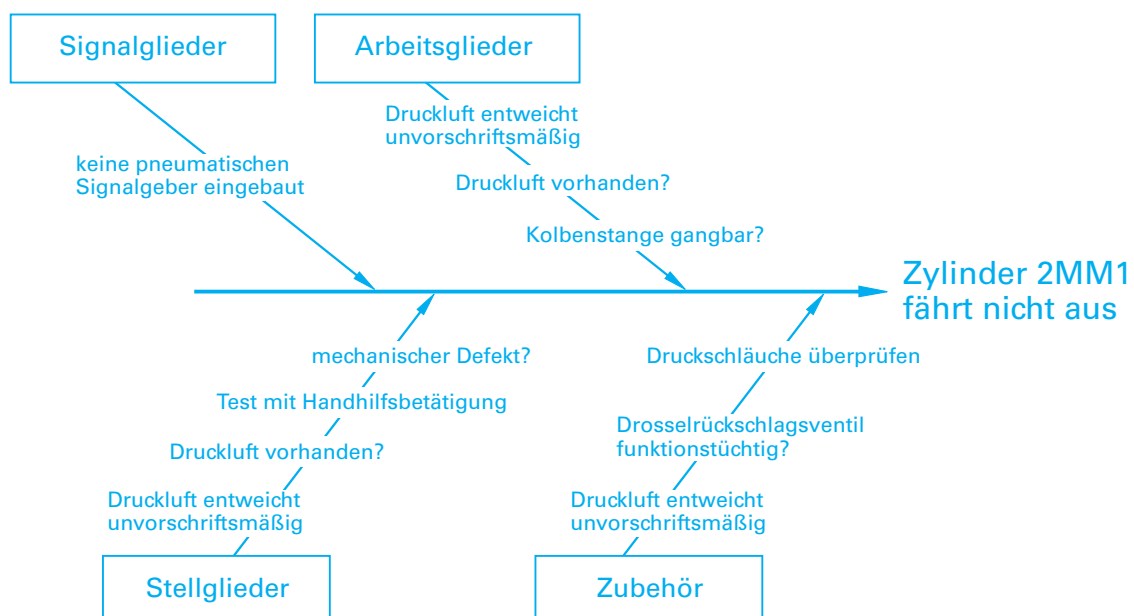
Aufgabe

Beschäftigen Sie sich mit dem folgenden Fehler, der während des Betriebs an der Spannvorrichtung aufgetreten ist.

Wenn Zylinder 1MM1 ausgefahren ist, fährt Zylinder 2MM1 nicht aus.

Erstellen Sie eine Ishikawa-Analyse nur für den Pneumatikteil.

 Fehlersuche für den Pneumatikteil:



 Besprechen Sie Ihre Lösung mit dem Lehrer.

Unterschrift

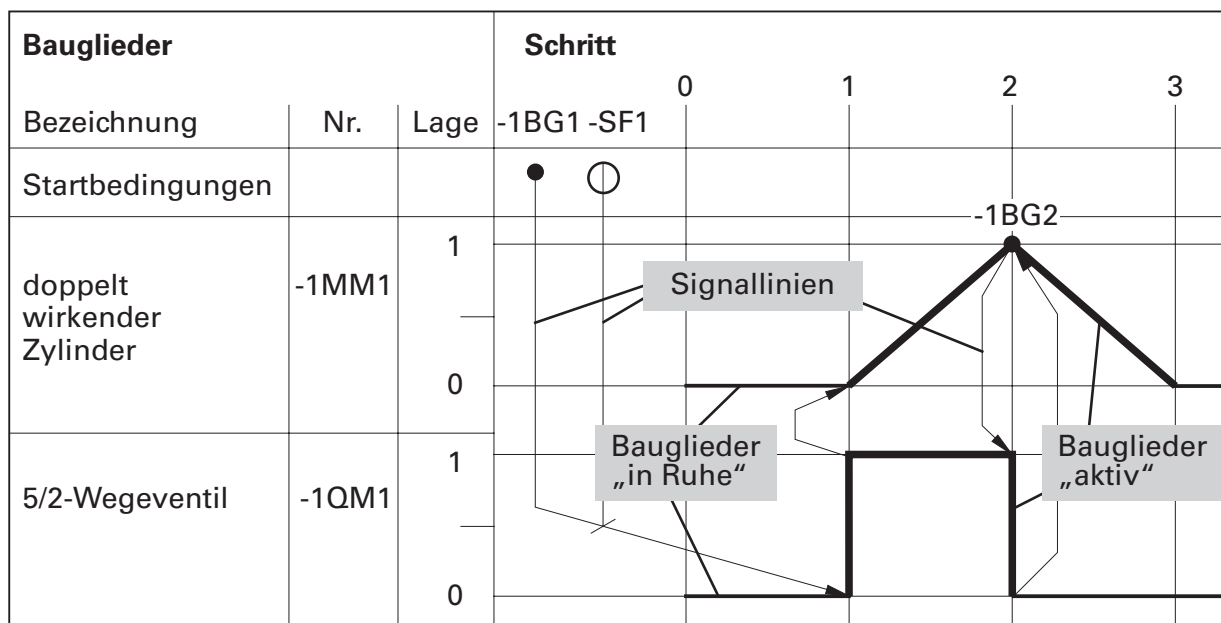
2 Das Funktionsdiagramm

Das Funktionsdiagramm beschreibt grafisch den Steuerungsablauf von Arbeitsgliedern und Stellgliedern und deren gegenseitige Abhängigkeit. Als Beispiel wird das Weg-Schritt-Diagramm gezeigt.

Beispiel

Zylinder 1MM1 fährt nur dann aus, wenn der Sensor 1BG1 meldet, dass der Zylinder 1MM1 eingefahren ist und der Taster SF1 betätigt wird.

Wenn der Zylinder 1MM1 ausgefahren ist, wird der Sensor 1BG2 betätigt und Zylinder 1MM1 fährt ein.



In der senkrechten Koordinatenachse (Spalte) wird die Lage der Bauglieder dargestellt. In der waagerechten Koordinatenachse (Zeile) werden die einzelnen Arbeitsschritte in ihrer zeitlichen Abhängigkeit gezeigt (vgl. GRAFCET).

Für die Angabe der Lage werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- 0 Zylinder eingefahren bzw. Wegeventil ist unbetätigt
- 1 Zylinder ausgefahren bzw. Wegeventil ist betätigt

Sind Bauglieder „in Ruhe“, wird der Zustand mit **dünnen Volllinien** gekennzeichnet. Sind Bauglieder „aktiv“, wird ihr Bewegungsablauf mit **breiten Volllinien** gekennzeichnet.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Bauglieder (Zylinder, Wegeventile und Signallglieder) wird im Weg-Schritt-Diagramm durch **Signallinien mit Pfeilen** dargestellt. Signallglieder werden mit ihren Kurzzeichen (z. B. -SF1) eingetragen.

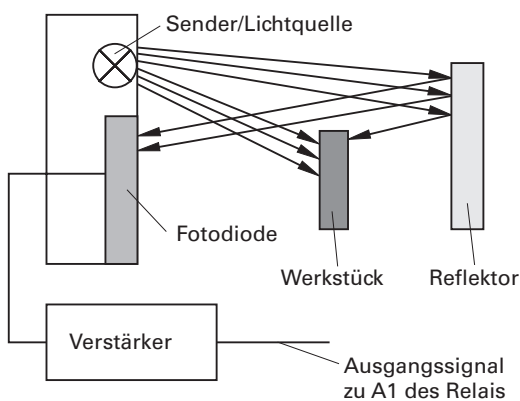
6.2 Fotoelektrischer Sensor (Reflexions-Lichtschranke)

Diese fotoelektrischen Signalgeber erfassen Gegenstände, indem ein reflektierter Lichtstrahl durch diese Gegenstände **unterbrochen** wird. Ab einer bestimmten Änderung der reflektierten Lichtmenge erfolgt der Schaltvorgang.

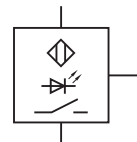
Als Empfänger dient eine Fotodiode (lichtempfindliches Element). Diese wandelt den reflektierten Lichtstrahl in elektrischen Strom um, der verstärkt wird.

Die Eingangsgröße ist ein reflektiertes Lichtsignal, die Ausgangsgröße ist ein elektrisches Signal.

Schematische Darstellung



Schaltzeichen

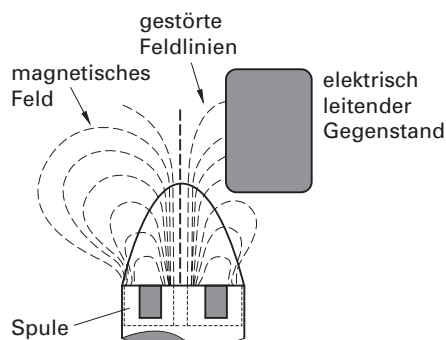


6.3 Induktiver Sensor

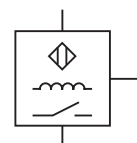
Das Grundprinzip entspricht dem der Induktion. Ein magnetisches Feld wird durch Spulen erzeugt. Stört man dieses Feld durch einen elektrisch leitenden Gegenstand, wird eine Induktionsspannung erzeugt. Diese entzieht dem Sensor Energie und führt zu einem Schaltvorgang.

Die Eingangsgröße ist ein gestörtes Magnetfeld, die Ausgangsgröße ist ein elektrisches Signal.

Schematische Darstellung



Schaltzeichen



9 Planmäßige Vorgehensweise bei der Fehlersuche

Bei der Durchführung von Qualitätsmanagement stehen mehrere systematische Instrumente (Werkzeuge) zur Verfügung. Eine Auswahl von 3 Werkzeugen soll Ihnen Lösungsansätze bieten.

Beispiel: Die Strompfade 1 und 2 des Schaltplans auf Seite 16.

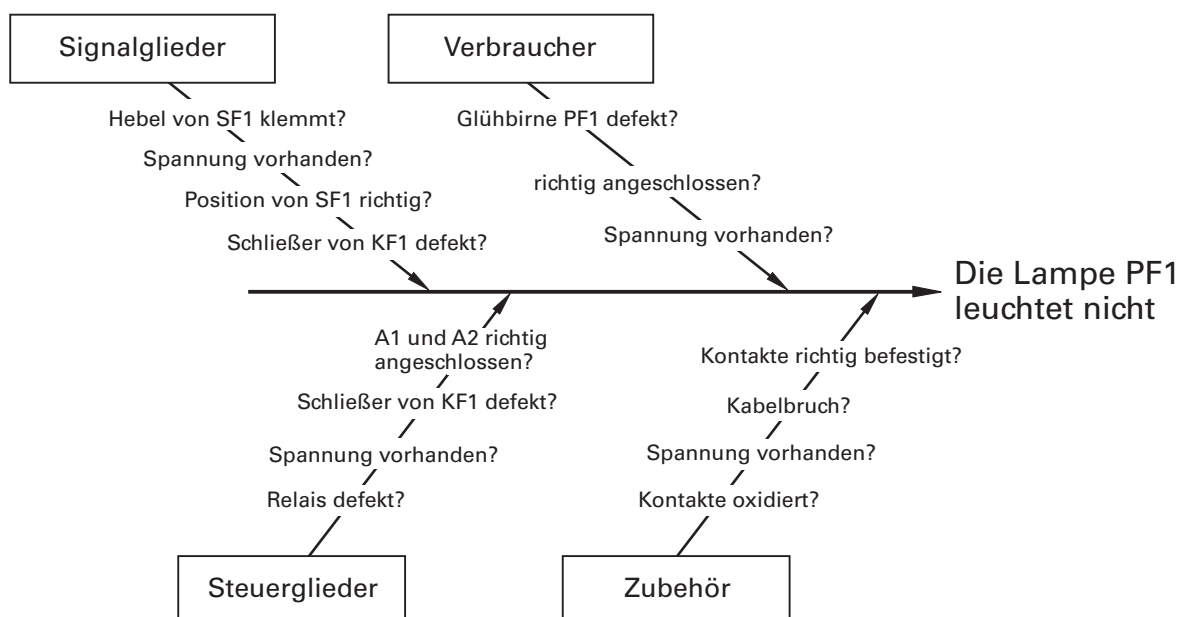
Problem: Der Zylinder 1MM1 ist ausgefahren, aber die Lampe PF1 leuchtet nicht auf.

Hinweis: Dieses eine Problem wird mithilfe von 3 unterschiedlichen Lösungsstrategien analysiert.

1. Fehlersuche nach der Ursache-Wirkungs-Analyse (Ishikawa-Diagramm)

Die Fehleranalyse nach dem Japaner Ishikawa liefert übersichtlich Lösungsstrategien auch bei mehreren gleichzeitig auftretenden Fehlern. Zusätzlich kann mit geringem Platzbedarf auch eine gesamte Steuerung analysiert werden (z. B. auch mit Stromversorgung oder dem Pneumatikteil einer Steuerung) oder es können auch einzelne Bauteile wesentlich genauer überprüft werden.

Funktionsweise: Das Hauptproblem wird rechts von dem waagerechten Wirkungspfeil notiert. Die Haupteinflussfaktoren (Ursachen) stoßen als schräge Pfeile auf den waagerechten Pfeil (daher auch Fischgräten-Diagramm genannt). An den schrägen Pfeilen werden die Hauptursachen in überprüfbare Einheiten aufgegliedert.



1 Leitgedanken für den Unterricht an Berufsschulen

„Die Zielsetzung der Berufsausbildung erfordert es, den Unterricht an einer auf die Aufgaben der Berufsschule zugeschnittenen Pädagogik auszurichten, die Handlungsorientierung betont und junge Menschen zu selbstständigem Planen, Durchführen und Beurteilen von Arbeitsaufgaben im Rahmen ihrer Berufstätigkeit befähigt.

Auf der Grundlage lerntheoretischer und didaktischer Erkenntnisse werden in einem pragmatischen Ansatz für die Gestaltung handlungsorientierten Unterrichts folgende Orientierungspunkte genannt:

- Didaktische Bezugspunkte sind Lernsituationen, die für die Berufsausübung bedeutsam sind (Lernen um zu Handeln).
- Den Ausgangspunkt des Lernens bilden Handlungen, möglichst selbst ausgeführt oder aber gedanklich nachvollzogen (Lernen durch Handeln).
- Handlungen müssen von den Lernenden möglichst selbstständig geplant, durchgeführt, überprüft, ggf. korrigiert und schließlich bewertet werden.
- Handlungen sollen auch soziale Prozesse, z. B. der Interessenerklärung oder der Konfliktbewältigung, einbeziehen. Handlungsorientierter Unterricht ist ein didaktisches Konzept, das fach- und handlungssystematische Strukturen miteinander verschränkt.“

Im Hinblick auf die Fähigkeit, Arbeit selbstständig zu planen, durchzuführen und zu kontrollieren, sind vor allem die bewusste didaktische und methodische Planung des Unterrichts, die fortlaufende Absprache der Lehrer bis hin zur gemeinsamen Planung fächerübergreifender Unterrichtseinheiten erforderlich.

2 Gestaltung des handlungsorientierten Unterrichts zur Lösung der Steuerungsaufgabe

2.1 Differenzierung und Teamarbeit

Die Individualisierung in der beruflichen Bildung gewinnt immer mehr an Bedeutung, da sich die Lernvoraussetzungen der Schüler immer stärker unterscheiden und die Aufsplitterung der Berufe eine Spezialisierung der Ausbildung erfordert. Eine hervorragende Möglichkeit, dem individuellen Lernen gerecht zu werden, bietet der handlungsorientierte Unterricht. Durch diese Unterrichtsgestaltung kann **vor allem in Verbindung mit Teamarbeit** ein großes Maß an Differenzierung im Unterricht erreicht werden.

Bedingt durch die mithilfe von Leittexten gesteuerte Unterrichtsgestaltung können sich unterschiedliche Lern- und Arbeitsgeschwindigkeiten entwickeln.

Schülerteams, die ihre Aufgaben schneller zu Ende führen, können durch zusätzliche Aufgaben bzw. eigene Ideen ihre Steuerungen optimieren und z. B. weitere Sicherheitsbedingungen einbauen. Leistungsschwächere Schüler oder Teams kön-

3 Hinweise zur erfolgreichen Durchführung des Unterrichtsprojekts

3.1 Vorbereitung des Projekts

- Lösen Sie zunächst selbst die Steuerungsaufgabe als „Schüler“ an der Arbeitstafel.
- Führen Sie Ihre Schüler systematisch in das Arbeiten mit „Leittexten“ ein.
- Klären Sie mit den Schülern den Umgang mit dem Lernheft (Symbole, Arbeitsblätter und Informationsblätter). Das Heft eines Schülers kann vorerst als Teamlösung verwendet werden. Der Eintrag der Lösungen sollte mit Bleistift erfolgen, um bei den Teamsitzungen spätere Korrekturen zu ermöglichen.
- Lassen Sie bei Arbeitsaufträgen auch kürzer gefasste, richtige Schülerlösungen zu. Die Lehrerlösung ist zu Ihrer Unterstützung sehr ausführlich gestaltet.
- Klären Sie die Möglichkeit der Nutzung von Simulationsprogrammen oder auch Internet zur zusätzlichen Informationsbeschaffung und weisen Sie die Schüler im Umgang mit den Simulationsprogrammen ein. Die Simulationsdateien für FluidSIM 5 sind beim Verlag Europa-Lehrmittel erhältlich.
- Stellen Sie Ihren Schülern zusätzlich geeignete Fachliteratur in einer Lernbibliothek zur Verfügung, damit sie ihre Fachkompetenz vertiefen können.

3.2 Hinweise zu einzelnen Abschnitten des Lernhefts

1.–4. Technologieschema, GRAFCET, Funktionsdiagramm, Funktionsbeschreibung (S. 6–12)

Zur Vorstellung der Projektaufgabe „Spannvorrichtung“ stehen Ihnen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- das Technologieschema (schematische Darstellung) der Spannvorrichtung (S. 6)
- das Funktionsdiagramm (Lehrerlösung Seite 10)
- die Funktionsbeschreibung (Lehrerlösung Seite 11)
- eine aufgebaute Steuerung an einem separaten Arbeitsplatz
- die Simulationsdateien zum Projekt
- eine selbst gebaute Spannvorrichtung (s. Technologieschema)

Das Funktionsdiagramm entspricht nicht mehr der aktuellen Norm, uns ist es dennoch wichtig, dieses sehr anschaulichen Werkzeug weiterhin zu verwenden. Hier wird das Zusammenwirken aller am Steuerungsablauf beteiligten Bauteile deutlich. Dieses ganzheitliche Verständnis ermöglicht die Gestaltung einer ausführlichen Funktionsbeschreibung.

5. Signalglieder mit Handbetätigung (S. 13–15)

Achten Sie von Beginn an auf das exakte Lesen und Befolgen der Arbeitshinweise, auch wenn Sie vorerst „bessere“ Schüler einengen. Drängen Sie darauf, dass die Schüler alle durchgeführten Arbeitsaufträge im Lernheft kennzeichnen. Unterbinden Sie vorerst alle Versuche, einzelne Arbeitsschritte zu überspringen. Nur so schaffen Sie die Grundlage für weiteres selbstständiges Arbeiten. Besprechen Sie diese Notwendigkeiten mit der Klasse oder in den Teamgesprächen.