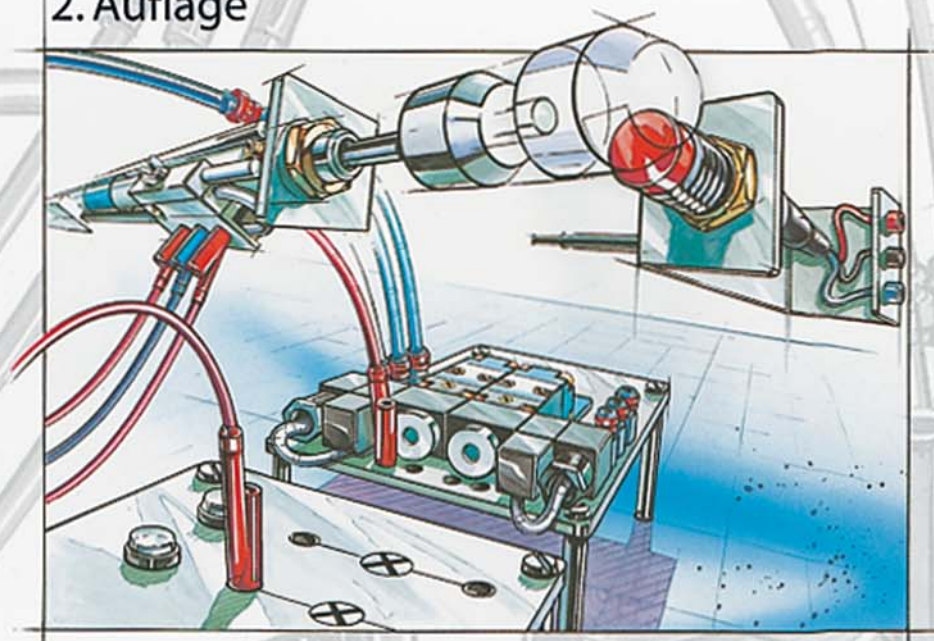


G. Prede · D. Scholz

Elektro- pneumatik

Grundstufe

2. Auflage



Springer

FESTO

Bestell-Nr. 091180
Stand: 07/2004
Autoren: F. Ebel, G. Prede, D. Scholz
Grafik: Doris Schwarzenberger
Layout: 12.07.2004, Verena Fuchs, Beatrice Huber

© Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Germany, 2004
Internet: www.festo.com/didactic
E-mail: did@festo.com

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht, Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmusteranmeldungen durchzuführen.

Inhalt

| | | |
|----------|--|----|
| | Vorwort | 4 |
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Anwendungen der Pneumatik | 5 |
| 1.2 | Grundbegriffe der Steuerungstechnik | 7 |
| 1.3 | Pneumatische und elektropneumatische Steuerungen | 13 |
| 1.4 | Vorteile elektropneumatischer Steuerungen | 16 |
| 2 | Grundlagen der Elektrotechnik | 17 |
| 2.1 | Gleichstrom und Wechselstrom | 17 |
| 2.2 | Ohmsches Gesetz | 18 |
| 2.3 | Funktionsweise eines Elektromagneten | 21 |
| 2.4 | Funktionsweise eines elektrischen Kondensators | 23 |
| 2.5 | Funktionsweise einer Diode | 24 |
| 2.6 | Messung im elektrischen Stromkreis | 25 |
| 3 | Bauelemente und Baugruppen des elektrischen Signalsteuerteils | 31 |
| 3.1 | Netzteil | 31 |
| 3.2 | Tastschalter und Stellschalter | 32 |
| 3.3 | Sensoren zur Weg- und Druckerfassung | 34 |
| 3.4 | Relais und Schütze | 43 |
| 3.5 | Speicherprogrammierbare Steuerung | 50 |
| 3.6 | Gesamtaufbau des Signalsteuerteils | 51 |
| 4 | Elektrische betätigte Wegeventile | 55 |
| 4.1 | Aufgaben | 55 |
| 4.2 | Aufbau und Funktionsweise | 57 |
| 4.3 | Bauarten und pneumatische Leistungsdaten | 69 |
| 4.4 | Leistungsdaten von Magnetspulen | 77 |
| 4.5 | Elektrischer Anschluss von Magnetspulen | 79 |
| 5 | Entwicklung einer elektropneumatischen Steuerung | 83 |
| 5.1 | Vorgehensweise bei der Steuerungsentwicklung | 83 |
| 5.2 | Vorgehensweise bei der Steuerungsprojektierung | 85 |
| 5.3 | Anwendungsbeispiel: Projektierung einer Hubvorrichtung | 88 |
| 5.4 | Vorgehensweise bei der Steuerungsrealisierung | 99 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 6 | Dokumentation einer elektropneumatischen Steuerung | 105 |
| 6.1 | Funktionsdiagramm | 106 |
| 6.2 | Funktionsplan | 109 |
| 6.3 | Pneumatischer Schaltplan | 115 |
| 6.4 | Elektrischer Schaltplan | 130 |
| 6.5 | Klemmenanschlussplan | 142 |
| | | |
| 7 | Sicherheitsmaßnahmen bei elektropneumatischen Steuerungen | 151 |
| 7.1 | Gefahren und Schutzmaßnahmen | 151 |
| 7.2 | Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen | 152 |
| 7.3 | Schutzmaßnahmen gegen Unfälle durch elektrischen Strom | 155 |
| 7.4 | Bedienfeld und Meldeeinrichtungen | 156 |
| 7.5 | Schutz elektrischer Betriebsmittel gegen Umwelteinflüsse | 161 |
| | | |
| 8 | Relaissteuerungen | 165 |
| 8.1 | Anwendungen von Relaissteuerungen in der Elektropneumatik | 165 |
| 8.2 | Direkte und indirekte Ansteuerung | 165 |
| 8.3 | Logische Verknüpfungen | 168 |
| 8.4 | Speicherung | 172 |
| 8.5 | Verzögerung | 180 |
| 8.6 | Ablaufsteuerung mit Speicherung durch Magnetimpulsventile | 181 |
| 8.7 | Schaltung zur Auswertung der Bedienelemente | 190 |
| 8.8 | Ablaufsteuerung für eine Hubvorrichtung | 193 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 9 | Aufbau moderner elektropneumatischer Steuerungen | 217 |
| 9.1 | Trends und Entwicklungen in der Elektropneumatik | 217 |
| 9.2 | Pneumatische Antriebe | 218 |
| 9.3 | Sensorik | 225 |
| 9.4 | Signalverarbeitung | 226 |
| 9.5 | Wegeventile | 227 |
| 9.6 | Moderne Installationskonzepte | 231 |
| 9.7 | Reduzierung des Verschlauchungsaufwands | 241 |
| 9.8 | Reduzierung des Verdrahtungsaufwand | 243 |
| 9.9 | Proportionalpneumatik | 249 |
| | | |
| 10 | Stichwortverzeichnis | 257 |
| | | |
| 11 | Normen | 267 |

Vorwort

Die Elektropneumatik wird in vielen Bereichen der industriellen Automatisierungstechnik erfolgreich eingesetzt. Fertigungs-, Montage- und Verpackungsanlagen werden weltweit mit elektropneumatischen Steuerungen betrieben.

Der Wandel in den Anforderungen und die technischen Entwicklungen haben das Aussehen der Steuerungen deutlich verändert. Im Signalsteuerteil ist das Relais in vielen Anwendungsbereichen zunehmend durch die speicherprogrammierbare Steuerung ersetzt worden, um der gestiegenen Anforderung nach Flexibilität gerecht zu werden. Moderne elektropneumatische Steuerungen weisen auch im Leistungsteil den Ansprüchen der industriellen Praxis angepasste neue Konzepte auf. Als Beispiele seien hier nur die Schlagworte Ventilinsel, Busvernetzung und Proportionalpneumatik genannt.

Zur Einführung in das Thema erläutert das vorliegende Lehrbuch zuerst den Aufbau und die Funktionsweise der Komponenten, die beim Aufbau einer elektropneumatischen Steuerung verwendet werden. In den folgenden Kapiteln wird die Vorgehensweise bei der Projektierung und Realisierung elektropneumatischer Steuerungen anhand vollständig ausgearbeiteter Beispiele beschrieben. In einem abschließenden Kapitel werden Trends und Entwicklungen in der Elektropneumatik aufgezeigt.

Jede Leserin und jeder Leser dieses Buches sind eingeladen, durch Tipps, Kritik und Anregungen zur Verbesserung des Buches beizutragen.

1. Einleitung

1.1 Anwendungen der Pneumatik

Die Pneumatik befasst sich mit den Anwendungen der Druckluft. Am häufigsten wird Druckluft eingesetzt, um mechanische Arbeit zu verrichten, d. h. um Bewegungen auszuführen und um Kräfte zu erzeugen. Pneumatische Antriebe haben die Aufgabe, die in der Druckluft gespeicherte Energie in Bewegungsenergie umzuwandeln.

Als pneumatische Antriebe finden meist Zylinder Verwendung. Sie zeichnen sich aus durch robusten Aufbau, große Variantenvielfalt, einfache Installation und günstiges Preis-Leistungsverhältnis. Diese Vorteile haben der Pneumatik ein weites Anwendungsfeld erschlossen.



Bild 1.1: Pneumatischer Linearzylinder und pneumatischer Schwenkzylinder

1. Einleitung

Einige Anwendungsgebiete der Pneumatik sind nachfolgend aufgelistet:

- Handhaben von Werkstücken (z. B. Spannen, Positionieren, Vereinzeln, Stapeln, Drehen)
- Verpacken
- Befüllen
- Öffnen und Schließen von Türen (z. B. bei Omnibussen und Eisenbahnwagen)
- Umformen (Prägen, Pressen)
- Stempeln

Anwendungsbeispiel

Bei der Bearbeitungsstation in Bild 1.2 werden Rundschalttisch, Zuführ-, Spann- und Ausstoßvorrichtung sowie die Vorschübe für die verschiedenen Werkzeuge pneumatisch angetrieben.

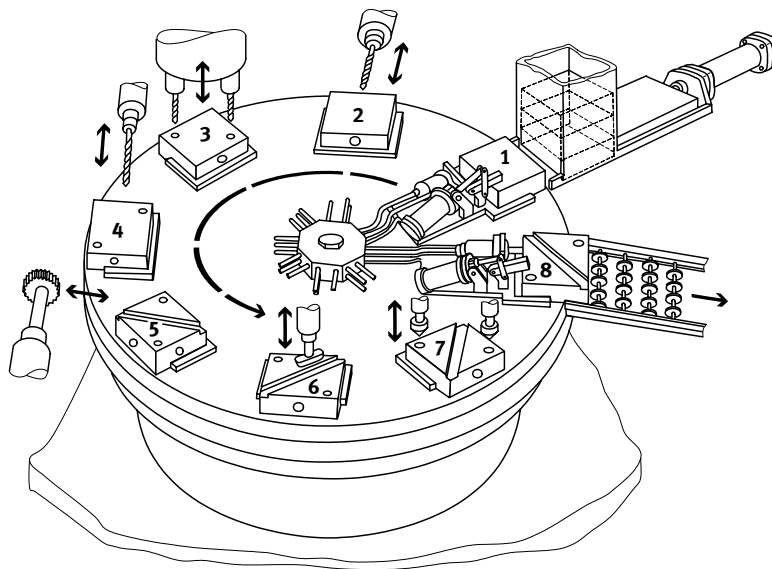


Bild 1.2: Bearbeitungsstation

1. Einleitung

1.2 Grundbegriffe der Steuerungstechnik

Pneumatische Antriebe können nur dann nutzbringend eingesetzt werden, wenn sie ihre Bewegungen genau zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Reihenfolge ausführen. Diese Aufgaben der Bewegungskoordination werden von einer Steuerung übernommen.

Die Steuerungstechnik beschäftigt sich damit, wie man Steuerungen konzipiert und aufbaut. Nachfolgend werden Grundbegriffe der Steuerungstechnik erläutert.

Steuerung (DIN 19226, Teil1)

Das Steuern, die Steuerung ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichen für die Steuerung ist der offene Wirkungsablauf.

Der Begriff Steuerung wird vielfach nicht nur für den Vorgang des Steuerns, sondern auch für die Gesamtanlage verwendet.

Anwendungsbeispiel

In einer Vorrichtung werden Metall Dosen mit einem Stülpedeckel verschlossen. Der Schließvorgang wird durch Betätigen eines Handtasters am Montageplatz ausgelöst. Nach Loslassen des Tasters fährt die Kolbenstange in die hintere Endlage zurück.

Bei dieser Steuerung bildet die Stellung des Bedientasters (betätigt/nicht betätigt) die Eingangsgröße, die Position des Pressenzylinders die Ausgangsgröße. Der Wirkungsweg ist offen, da die Ausgangsgröße (Position des Zylinders) keinen Einfluss auf die Eingangsgröße (Stellung des Tasters) hat.

1. Einleitung

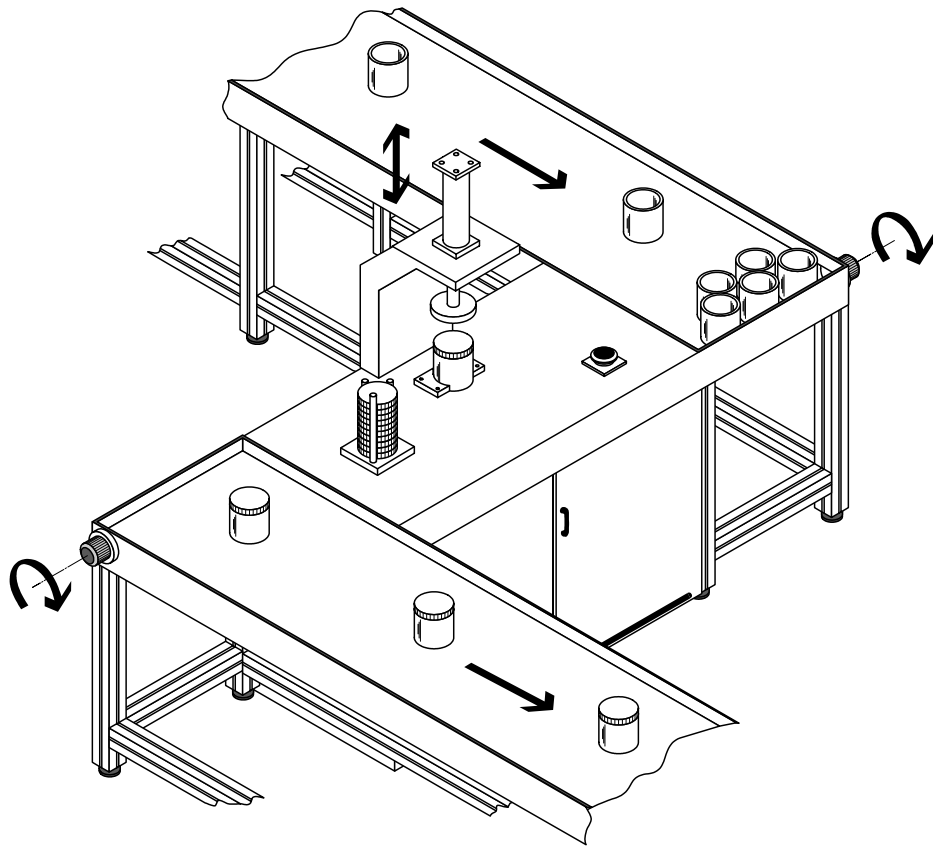


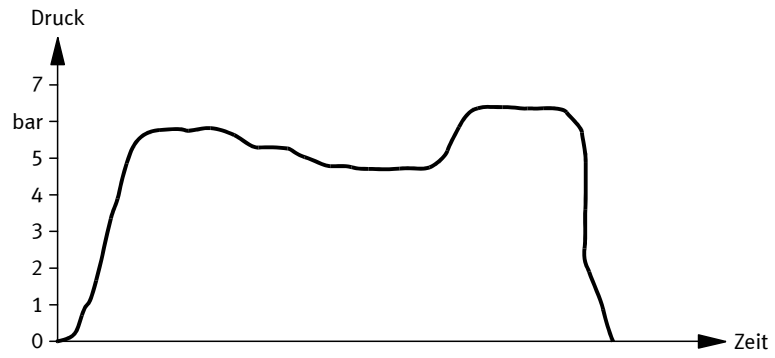
Bild 1.3: Montagevorrichtung zum Verschließen von Metalldosen

Steuerungen müssen Informationen (z. B. Taster betätigt bzw. nicht betätigt) auswerten und weiterverarbeiten. Die Information wird deshalb durch Signale dargestellt. Ein Signal ist eine physikalische Größe, z. B.:

- der Druck an einer bestimmten Stelle einer pneumatischen Anlage
- die Spannung an einer bestimmten Stelle einer elektrischen Schaltung

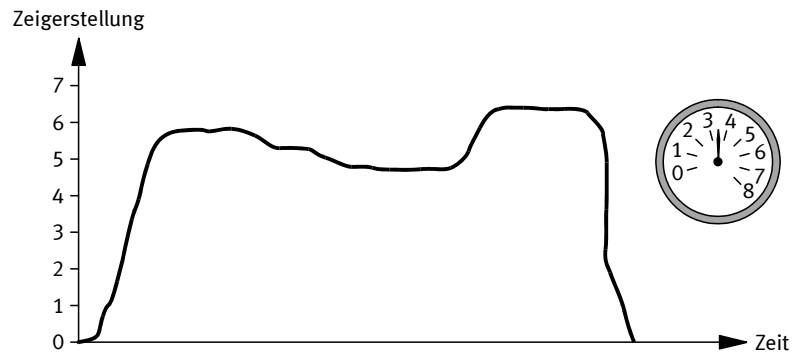
1. Einleitung

Signal/physikalische Größe

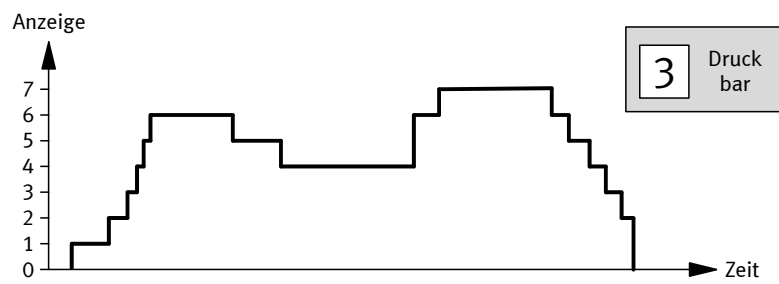


Information

a) analog



b) digital



c) binär

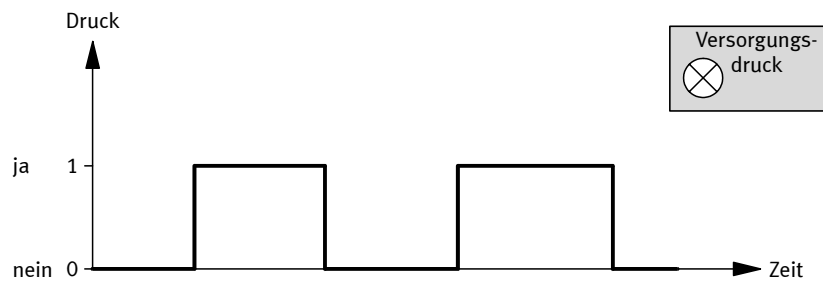


Bild 1.4: Signal und Information

1. Einleitung

Ein Signal ist die Darstellung von Informationen. Die Darstellung erfolgt durch den Wert oder den Werteverlauf einer physikalischen Größe.

Analoges Signal

Ein analoges Signal ist ein Signal, bei dem einem kontinuierlichen Wertebereich des Informationsparameters Punkt für Punkt unterschiedliche Information zugeordnet sind (DIN 19226, Teil 5).

Anwendungsbeispiel

Bei einem Manometer ist jedem Wert des Druckes (= Informationsparameter) eine bestimmte Anzeige (= Information) zugeordnet. Steigt oder fällt das Signal, ändert sich die Information kontinuierlich.

Digitales Signal

Ein digitales Signal ist ein Signal mit einer endlichen Zahl von Wertebereichen des Informationsparameters. Jedem Wertebereich ist eine bestimmte Information zugeordnet (DIN 19226, Teil 5).

Anwendungsbeispiel

Eine Druckmesseinrichtung mit Digitalanzeige zeigt den Druck in Schritten von 1 bar an. Bei einem Druckbereich von 7 bar ergeben sich 8 mögliche Anzeigewerte (0 bar bis 7 bar), d. h. 8 mögliche Wertebereiche des Informationsparameters. Steigt oder fällt das Signal, ändert sich die Information stufenförmig.

Binäres Signal

Ein binäres Signal ist ein digitales Signal mit nur zwei Wertebereichen des Informationsparameters, die meist als 0 und 1 bezeichnet werden (DIN 19226, Teil 5).

Anwendungsbeispiel

Mit einer Kontrollleuchte wird angezeigt, ob eine pneumatische Anlage ordnungsgemäß mit Druckluft versorgt wird. Liegt der Versorgungsdruck (= Signal) unter 5 bar, so ist die Kontrollleuchte ausgeschaltet (Schaltzustand 0). Liegt der Druck über 5 bar, ist die Kontrollleuchte eingeschaltet (Schaltzustand 1).

1. Einleitung

Einteilung von Steuerungen nach Art der Informationsdarstellung

Steuerungen lassen sich nach Art der Informationsdarstellung in analoge, digitale und binäre Steuerungen einteilen (DIN 19226, Teil 5).

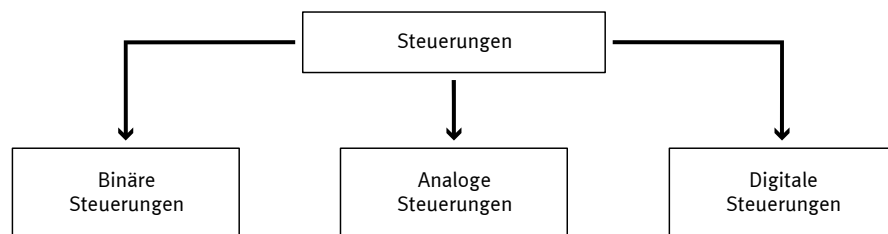


Bild 1.5: Einteilung von Steuerungen nach Art der Informationsdarstellung

Verknüpfungssteuerung

Bei einer Verknüpfungssteuerung werden die Ausgangssignale gebildet, indem die Eingangssignale durch logische Funktionen verknüpft werden.

Anwendungsbeispiel

Die Montagevorrichtung in Bild 1.3 wird erweitert, so dass sie von zwei Stellen aus bedient werden kann. Die beiden Eingangssignale werden verknüpft. Die Kolbenstange fährt aus, wenn entweder nur Taster 1 oder nur Taster 2 oder beide Taster betätigt werden.

Ablaufsteuerung

Eine Ablaufsteuerung zeichnet sich durch einen zwangsweise schrittweisen Ablauf aus. Der Übergang zum nächsten Schritt erfolgt abhängig von Übergangsbedingungen.

Anwendungsbeispiel

Bei einer Bohrvorrichtung wird im ersten Schritt das Werkstück gespannt. Sobald die Kolbenstange des Spannzylinders die vordere Endlage erreicht, ist dieser Schritt beendet. Als zweiter Schritt folgt das Ausfahren des Bohrers. Nach Beendigung dieses Vorgangs (Kolbenstange des Vorschubzylinders im vorderen Anschlag) wird der dritte Schritt ausgelöst, usw.

1. Einleitung

Signalfluss in einer Steuerung

Eine Steuerung lässt sich in die Funktionen Signaleingabe, Signalverarbeitung, Signalausgabe und Befehlsausführung unterteilen. Die gegenseitige Beeinflussung wird durch den Signalfluss dargestellt.

- Ausgehend von der Signaleingabe werden die Signale miteinander verknüpft (Signalverarbeitung). Zur Signaleingabe und zur Signalverarbeitung weisen die Signale nur eine niedrige Leistung auf. Beide Funktionen zählen zum Signalsteuerteil.
- Bei der Signalausgabe werden die Signale von einem niedrigen auf ein hohes Leistungsniveau verstärkt. Die Signalausgabe bildet die Schnittstelle zwischen Signalsteuerteil und Leistungsteil.
- Die Befehlsausführung erfolgt auf einem hohen Leistungsniveau, z.B. um eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen (z. B. schnelles Ausstoßen von Werkstücken aus einer Maschine) oder um eine große Kraft auszuüben (z. B. Presse). Die Befehlsausführung zählt zum Leistungsteil einer Steuerung.

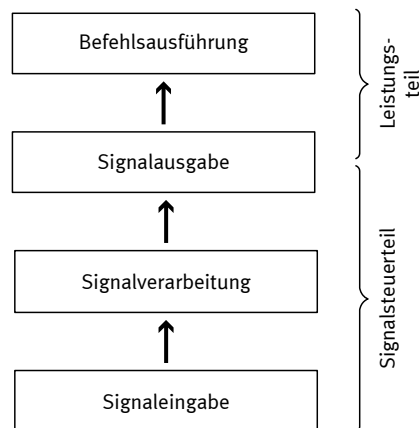


Bild 1.6: Signalfluss in einer Steuerung

Die Bauelemente im Schaltplan einer rein pneumatischen Steuerung werden so angeordnet, dass der Signalfluss deutlich wird: zuunterst die Eingabelemente (z. B. handbetätigte Ventile), darüber die Verknüpfungselemente (z. B. Zweidruckventile), dann die Signalausgabelemente (Leistungsventile, z. B. 5/2-Wegeventile) und zuoberst die Elemente zur Befehlsausführung (z. B. Zylinder).

1.3 Pneumatische und elektropneumatische Steuerungen

Pneumatische und elektropneumatische Steuerungen weisen beide einen pneumatischen Leistungsteil auf (Bilder 1.7 und 1.8). Der Signalsteuerteil ist hingegen unterschiedlich aufgebaut.

- Bei einer pneumatischen Steuerung werden pneumatische Bauelemente eingesetzt, d. h. verschiedene Ventiltypen, Luftschraken, Taktketten usw.
- Bei einer elektropneumatischen wird der Signalsteuerteil mit elektrischen Komponente aufgebaut, z. B. mit elektrischen Eingabetastern, Näherungsschaltern, Relais oder einer speicherprogrammierbaren Steuerung.

Die Wegeventile bilden bei beiden Steuerungsformen die Schnittstelle zwischen dem Signalsteuerteil und dem pneumatischen Leistungsteil.

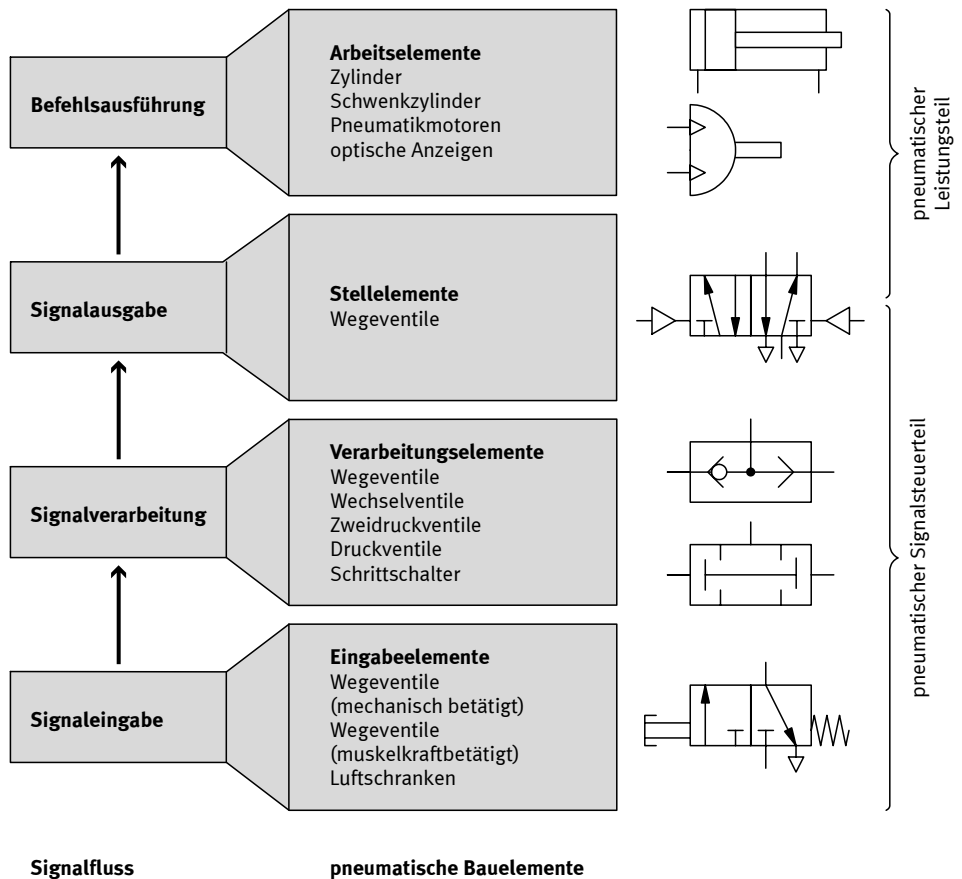


Bild 1.7: Signalfluss und Bauelemente einer pneumatischen Steuerung

1. Einleitung

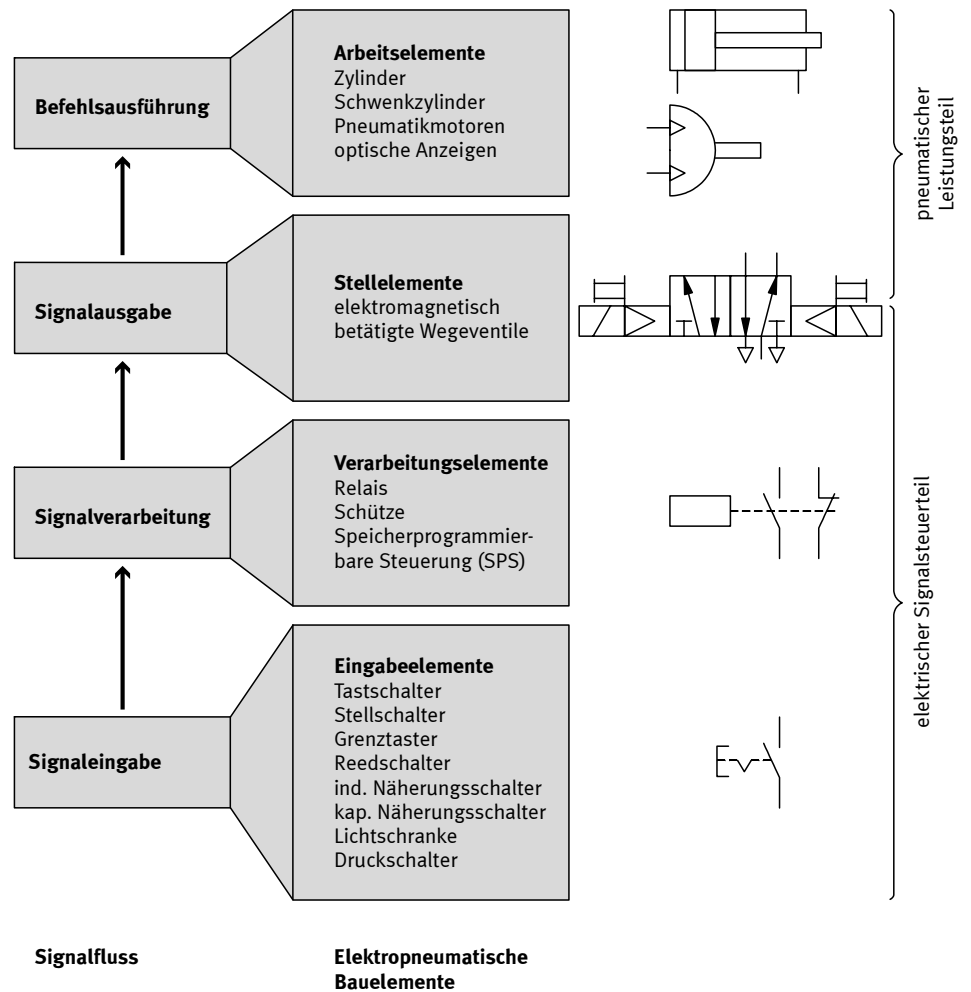


Bild 1.8: Signalfluss und Bauelemente einer elektropneumatischen Steuerung

Im Gegensatz zur rein pneumatischen Steuerung wird die elektropneumatische Steuerung nicht in einem einzigen Gesamtschaltplan dargestellt, sondern in zwei getrennten Schaltplänen, zum einen für den elektrischen Teil, zum anderen für den pneumatischen Teil. Der Signalfluss ist deshalb nicht direkt aus der Anordnung der Bauelemente im Gesamtschaltplan zu erkennen.

1. Einleitung

Aufbau und Funktionsweise einer elektropneumatischen Steuerung

Bild 1.9 veranschaulicht Aufbau und Funktionsweise einer elektropneumatischen Steuerung.

- Der elektrische Signalsteuerteil schaltet die elektrisch betätigten Wegeventile.
- Die Wegeventile bewirken das Aus- und Einfahren der Kolbenstangen.
- Die Position der Kolbenstangen wird über Näherungsschalter an den elektrischen Signalsteuerteil zurückgemeldet.

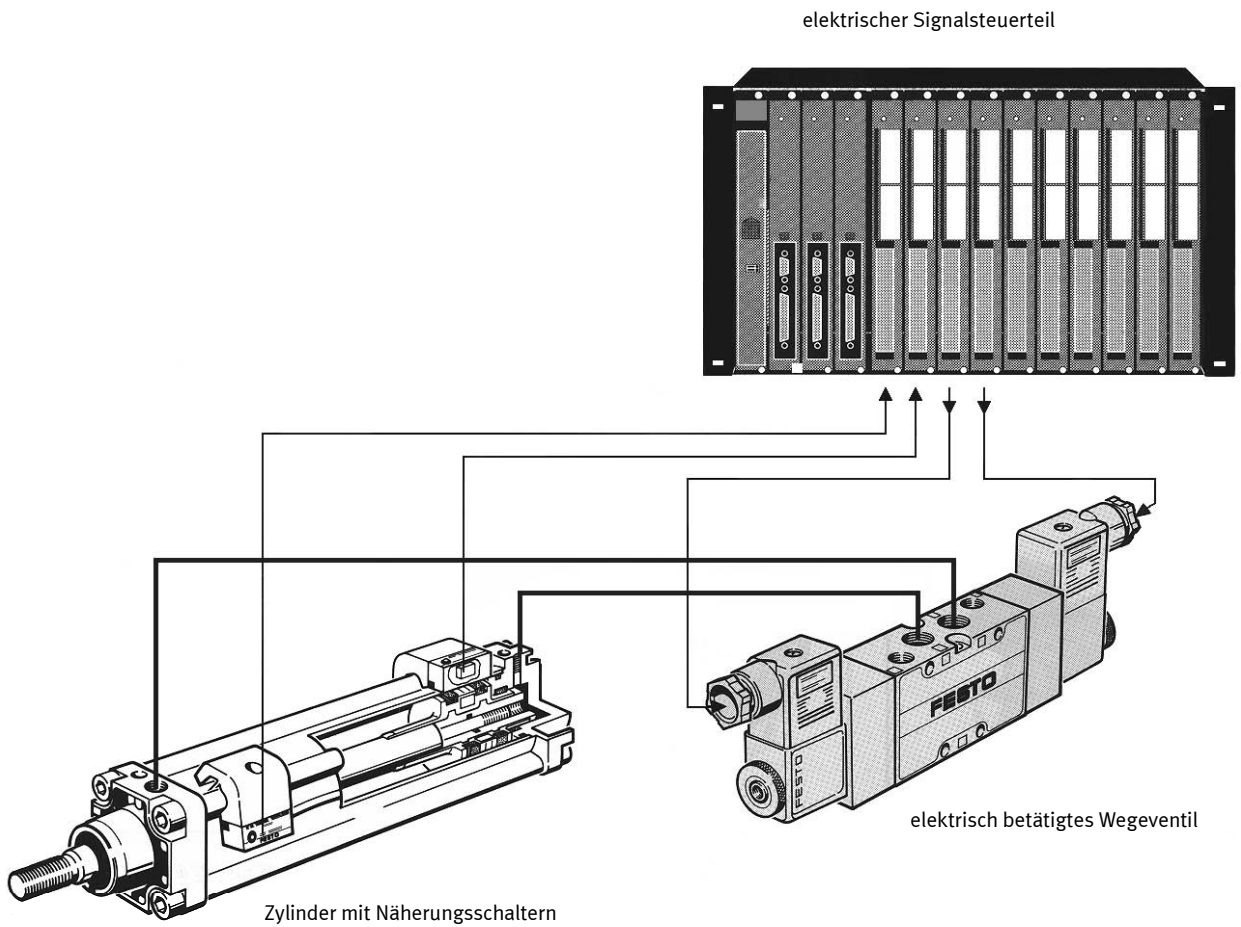


Bild 1.9: Aufbau einer elektropneumatischen Steuerung

1.4 Vorteile elektro- pneumatischer Steuerungen

Elektropneumatische Steuerungen weisen, verglichen mit rein pneumatischen Steuerungen, folgende Vorteile auf:

- höhere Zuverlässigkeit (weniger verschleißbehaftete, mechanisch bewegte Bauelemente),
- verringerter Planungs- und Inbetriebnahmeaufwand, insbesondere bei umfangreichen Steuerungen,
- verringerter Installationsaufwand, insbesondere wenn moderne Baueinheiten, wie z. B. Ventilinseln eingesetzt werden, n einfacherer Austausch von Informationen zwischen mehreren Steuerungen.

Heute haben sich elektropneumatische Steuerungen in der industriellen Praxis auf breiter Basis durchgesetzt, und der Einsatz rein pneumatischer Steuerungen beschränkt sich auf wenige, spezielle Anwendungen.

2. Grundlagen der Elektrotechnik

2.1 Gleichstrom und Wechselstrom

Ein einfacher elektrischer Stromkreis besteht aus einer Spannungsquelle, einem Verbraucher sowie den Verbindungsleitungen.

Physikalisch gesehen bewegen sich im elektrischen Stromkreis negative Ladungsträger, die Elektronen, über den elektrischen Leiter vom Minuspol der Spannungsquelle zum Pluspol. Diese Bewegung der Ladungsträger wird als elektrischer Strom bezeichnet. Ein elektrischer Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist.

Man unterscheidet zwischen Gleich- und Wechselstrom:

- Wirkt eine Spannung im Stromkreis immer in der gleichen Richtung, so fließt ein Strom, der ebenfalls stets die gleiche Richtung hat. Es handelt sich um Gleichstrom bzw. um einen Gleichstromkreis.
- Beim Wechselstrom bzw. im Wechselstromkreis ändern Spannung und Strom ihre Richtung und Stärke in einem bestimmten Takt.

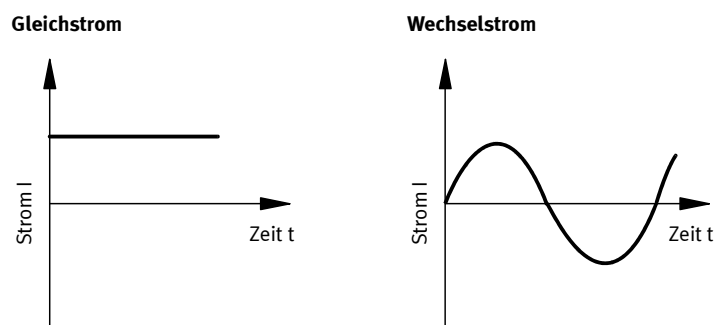


Bild 2.1: Zeitlicher Verlauf von Gleichstrom und Wechselstrom