

Leseprobe

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Grundlagen der Pneumatik

Lehrgang 3



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

.....
Vorwort
.....

5

Industrielle Automation kombiniert vielfältige Systeme und Komponenten. Bewegung und Kraft werden im allgemeinen durch mechanische, elektrische, hydraulische und pneumatische Elemente sichergestellt. Dabei besticht die Pneumatik durch einfache Anwendung, günstiges Preis-Leistungsverhältnis, hohe Sicherheit und geringe Umweltbelastung. Sie ist heute in beinahe allen Industriezweigen vertreten. Pneumatik ist vorherrschend in neuen, fortschrittlichen Branchen. Sie ist jedoch auch in alteingesessenen Betrieben (Werkzeugmaschinen-, Nahrungsmittel-, Automobil und Elektroindustrie) anzutreffen. Als ein Beispiel modernster Technologien seien hier Halbleiter und integrierte Schaltkreise aufgeführt, für welche in allen Herstellungsphasen Pneumatik eingesetzt wird. Um den wachsenden und rasch ändernden Anforderungen gerecht zu werden, entwickelt SMC laufend neue Komponenten.

Ziel dieses Lehrbuches ist es, dem Leser die Zusammenhänge der Themen verständlich zu machen, ohne dass die mathematischen Zusammenhänge im Detail diskutiert werden. Angesprochen werden soll ein breiter Leserkreis (z.B. Facharbeiter, Techniker, Ingenieure usw.), welcher nach dem Studium dieses Lehrbuches auf eine einfache Weise ein Pneumatik- und Vakuumsystem auslegen kann. Zudem werden die Grundbegriffe der Steuer- und Regeltechnik behandelt, ohne jedoch auf die komplizierten mathematischen Betrachtungen einzugehen.

Der schnelle Fortschritt in der Mikroprozessortechnologie erfordert, dass das Verständnis und die Kenntnis über die Schnittstelle Pneumatik-Elektronik ständig erweitert und vertieft werden müssen. Insbesondere in der Sensorik, Steuerungen (SPS, PLC usw.) und BUS-Systemen wurden in den letzten Jahren grosse technologische Fortschritte erzielt. Um Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, zeigt dieses Lehrbuch eine Übersicht, wie elektronische Komponenten in der industriellen Automation mit der Pneumatik zusammen integriert werden können.

Weisslingen, 30. Januar 2012

Die Verfasser

Ronny Balmer, SMC Pneumatik AG, Weisslingen
Marc Schultheiss, SMC Pneumatik AG, Weisslingen
Kurt Meier, m+s Industrielle Automations AG, Winterthur

1. Erweiterte Pneumatik	7
1.1 Eigenschaften von Gasen	9
1.1.1 Isotherme Zustandsänderung (nach Boyle-Mariotte)	9
1.1.2 Isobare Zustandsänderung (nach Gay-Lussac)	10
1.1.3 Isochore Zustandsänderung	10
1.1.4 Allgemeine Gasgleichung	10
1.1.5 Bernoullische Gleichung	11
1.2 Druck und Durchfluss	12
1.2.1 Druckeinheiten	13
1.3.1 Durchflusseinheiten	14
1.4 Zusammengesetzte c- und b-Werte	19
1.4.1 Berechnen der zusammengesetzten C- und b-Werte	19
1.4.2 Berechnungsbeispiel	21
1.4.2 Querschnitt S [mm ²]	22
1.4.3 Durchflusskapazität von kleineren Leitungen	22
1.5 Grenzwerte pneumatischer Antriebe	23
3.1.5 Spitzenluftverbrauch	23
3.1.6 Lastfaktor	25
1.6 Massnahmen gegen die Kondensation in pneumatischen Systemen	26
1.6.1 Das Kondensationsphänomen	26
1.6.2 Der Kondensationsvorgang	28
1.6.3 Massnahmen gegen die Kondensation	31
1.7 Kinetische Energie	34
1.8 Interne und externe Anschläge	35

1. Erweiterte Pneumatik

15

Das kritische Druckverhältnis b kann mit Hilfe des Leitwerts C und jedem Messpunkt im unterkritischen Bereich rechnerisch ermittelt werden.

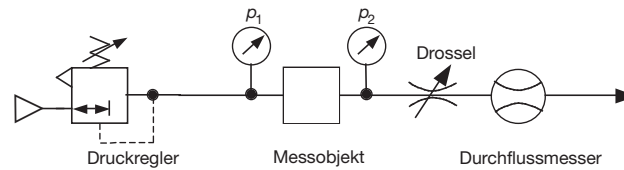


Abb. 1.4: Messaufbau nach ISO 6358-1989, JIS B 8390-2000
 (vereinfachte Darstellung)

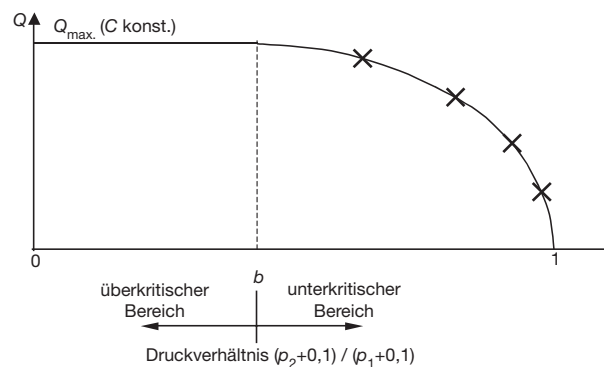


Abb. 1.5: Durchflussfunktion in Abhängigkeit vom Druckverhältnis

Der Durchfluss kann mit Hilfe des kritischen Druckverhältnisses b und des Leitwertes C an jedem Punkt im unterkritischen Bereich rechnerisch ermittelt werden.

Ist der b -Wert bekannt, kann mit Hilfe einer einfachen Formel der überkritische Strömungsbereich ermittelt werden.

Beispiel: Bei einem Ventil wird der b -Wert 0,36 und ein Eingangsdruck von 0,6 MPa (p_1) angegeben. Bei welchem Druck (p_2) wird der überkritische Strömungsbereich (Schallgeschwindigkeit) erreicht?

**überkritischer
 Strömungs-
 bereich**

$$b = \frac{p_2 + 0,1}{p_1 + 0,1}$$

$$p_2 = b \cdot (p_1 + 0,1) - 0,1$$

$$p_2 = 0,36 \cdot (0,6 + 0,1) - 0,1$$

$$p_2 = 0,152 \text{ MPa}$$

2.2 Stellungsregler

2.2.1 Grundsätzliches

Düse/Prallplattesystem

Korrektur- einrichtung einer Regeleinheit

Das Herzstück bei einigen Stellungsregler ist das Düse/Prallplattesystem. Dieses gehört zur Korrekturereinrichtung einer Regeleinheit. Wie in Abb. 2.12 dargestellt, verhält sich die Druckluft in p_2 proportional zum Luftspaltabstand g zwischen Prallplatte und Düse, jedoch nur in einem vom Hersteller bestimmten Bereich. Durch eine Führungsgrösse (Druck, Temperatur oder elektrisch) beeinflusst die Prallplatte den Luftspalt. Ein grosser Luftspalt bedeutet tiefen Druck in p_2 . Besteht kein Luftspalt, entspricht der Eingangsdruck p_1 dem Ausgangsdruck p_2 . Es gilt nun, bei der Entwicklung eines Stellungsreglers den optimalen Bereich des Spaltes zu ermitteln.

Der Druck von p_2 wird in der Stelleinrichtung weiterverarbeitet, um z.B. über einen Schwenkantrieb eine Klappe zu bewegen. Das Düse/Prallplattesystem weist einen ständigen Eigenluftverbrauch auf, was bei einer Anwendung mit Edelgasen sowie bei sehr kleinen Drücken (bis 0.005 MPa) nicht empfohlen wird.

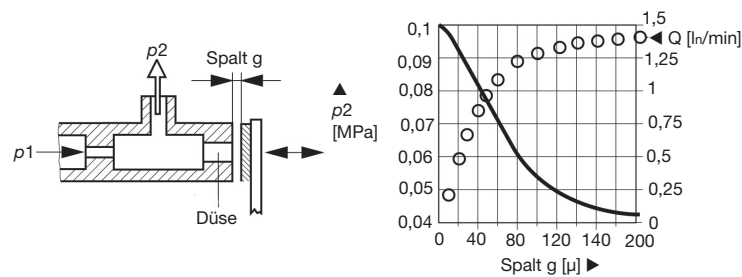


Abb. 2.12: Prinzip und Druckverlauf eines Düse/Prallplattesystems

3. Vakuumtechnik

Die kompakte Abmessung (72,9 x 52,5 x 9,9 mm) und das geringe Gewicht (ca. 50 g) erlauben es, Vakuumereinheiten nahe am Verbraucher (Saugnapf) zu montieren.

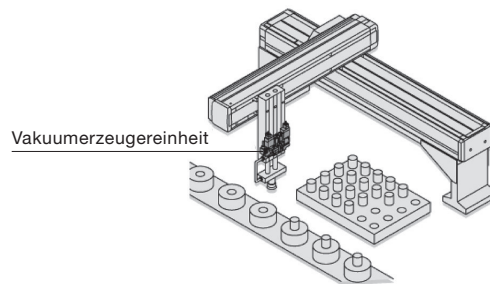


Abb. 3.16: Anwendungsbeispiel mit einer Vakuumereinheit

**Geringer
 Druckabfall ist
 wichtig**

3.2.5 Vakuumfilter

Vakuumfilter werden eingesetzt, um die durch den Saugnapf angesaugte Luft zu reinigen. Dadurch wird verhindert, dass Fremdkörper und Flüssigkeiten in den Ejektor gelangen und die Funktionssicherheit beeinträchtigen. Bei der Auswahl der Vakuumfilter ist im Gegensatz zu den Überdruckfiltern auf möglichst geringe Strömungswiderstände zu achten.



Abb. 3.17: Vakuumfilter für verschiedene Saugleistungen

4. Schnittstelle Pneumatik – Elektronik

139

Auch hier gibt es viele verschiedene Anschlussmöglichkeiten. Um sie alle zu verstehen, sind einige Grundkenntnisse der Elektrotechnik erforderlich. Nebst der Berücksichtigung von Spannung und Strom muss auch an den inneren Widerstand (R_i) der Sensoren gedacht werden. Ist dieser zu gross oder sind zwei bis drei SPS in Reihe an den Sensor angeschlossen, so kann die Summe aller Widerstände zu gross sein. Es wird nicht mehr korrekt gemessen.

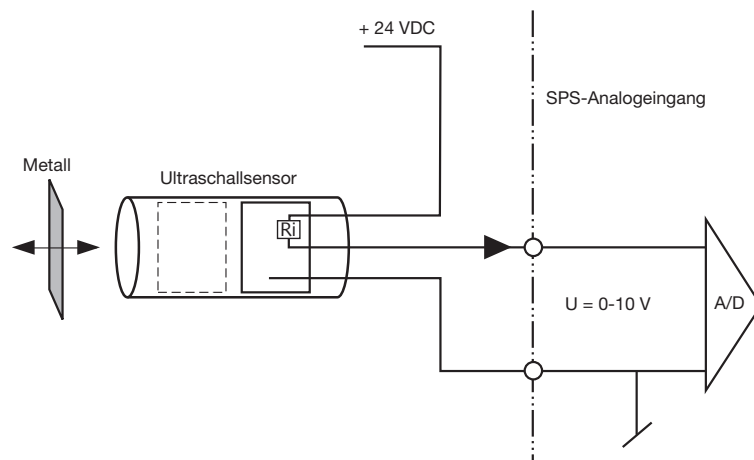


Abb. 4.7: Analog Sensor (Ultraschall) an SPS angeschlossen

0 bis 10 V

Spannung (unipolar)

Das einfachste aller analogen Messsignale ist die «Unipolare» Spannung. Sie hat den Bereich von 0 bis 10 V. Das Signal kann direkt mit einem Messgerät erfasst werden. Negative Spannungen dürfen keine vorkommen. Das Spannungs-Messsignal ist jedoch sehr störanfällig, da elektromagnetische Einkopplungen dieses unbrauchbar machen. Daher sind nur abgeschirmte Kabel einzusetzen. Zudem eignen sich diese Signale nur für kurze Distanzen, da bei langen Leitungen ein Spannungsabfall resultiert, was wiederum das Messergebnis verfälscht. Daher ist dieses Messsignal im Industriefeld ungeeignet.

-10 V bis +10 V

Spannung (bipolar)

Natürlich reichen die einfachen Messsignale für das Ansteuern von Motoren nicht mehr. Der analoge Bereich wurde von -10 V bis +10 V erweitert. So kann man -10 V bis 0 V z.B. für den 0 - 100 % Drehzahl links herum nutzen und den positiven Bereich von 0 bis +10 V für die andere Drehrichtung einsetzen.

Stichwortverzeichnis

A		E		ISO-Norm 7498	158
A/D-Wandlung	142	E/P-Wandler	60, 61	Isotherme	9
Analoge Sensoren	138	Echtzeit	153		
Anschläge	35	Echtzeit-Ethernet	153	J	
ANSI/NFPDA T3.21.3-1990	14	Echtzeitfähigkeit	153	JIS B 8390-2000	14
Antriebe	23	Einstufen-Ejektor	82		
Antriebstechnik	39	Ejektoren	82	K	
Anweisungsliste AWL	131	Elektronische Schalter	147	Kapazitive Näherungsschal-	148
ASI	161	Empfindlichkeit	47	ter	
Atmosphäre	77	Energiebedarf	107	Kinetische-Energie	34
AV	17	EtherCAT	170	Kondensation	26
		Ethernet	154	Kontaktplan	132
B		EtherNet/IP	168	KOP	132
B&B	176	Evakuierzeit	117	Korrekturereinrichtung	43
Baum	155	Explosionsgefährliche	144	Kritisches Druckverhältnis b	14
Bernoulli	11	Bereiche		Kunststoffleitungen	22
Berührungslose Schalter	145			KV	17
Beschichtete Sauger	97	F			
Bit	142	Faltenbalg	92	L	
Boyle-Mariotte	9	Feldbussysteme	152	Lastfaktor	25
Bus	155	Flach	91	Lebendes Null	141
Bussysteme	123	Flache Sauger	93	Lebensdauer	26
By-Pass-Schaltung	32	Fluorkunststoffolie	97	Leitwert C	14
		Führungsgrösse	43	Linearität	47
C		Funktionsplan FUP	132	Luftdruck	77
CAN	163				
CANopen	163	G		M	
CV	17	Grenzwerte	23	Mechanische Vakuumerzeu-	81
		Grosse Sauger	94	ger	
D				Mehrstufen-Ejektoren	83
Dämpfung	46	H		Membranschlauch	32
Dehnungsmessstreifen	151	Halogenierten NBR	97	MEMS	89
(DMS)		Haltekraft	103	Messeinrichtung	43
DeviceNet	164	Hochvakuumtechnik	77		
Dezentrale Vakuumerzeu-	116	Hysterese	47	N	
gung				Netz	157
Differenzdruck	12	I		Nullpunkteinstellung	48
Digitale Sensoren	138	IEC1131-Norm	131		
DIN 28400	78	Induktive Näherungsschalter	148	O	
Druckeinheiten in der	79	Industrial Ethernet	166	ODVA	164
Vakuumentchnik		ISO 6358-1989	14	Öffner	138
Druckluftenergie	9	Isobare	10	Optoelektronische Sensoren	149
Durchflusseinheiten	14	Isochore	10	OSI-Referenzmodell	158
Durchflussschalter	89			Ovale Sauger	93
Düse/Prallplattsystem	50,63				

Stichwortverzeichnis

P

PEEK	97
PID-Regler	49
Piezokristalle	150
Pneumatikleitungen	22
Poröse Werkstücke	106
PowerLink	172
PROFIBUS	165
PROFIBUS	169
Programmiertechniken	131
Proportionalmagnet	67
Proportionalventile	60
Puls-Frequenz-Modulation	65
Puls-Weiten-Modulation (PWM)	65

Q

QN	17
Qn-Wert	17
Quellbetrieb (PNP, sourcetype)	134, 136
Querschnitt S	22

R

Reedschalter	147
Regelbereichseinstellung	48
Regeldifferenz	43
Regelgrösse	43
Regelkreis	42
Regeln	42
Regelstrecke	43
Regeltechnik	39
Regler	43
Ring	156
Rückstau	85

S

S	17
Sauger	80
Saugleistung	80,84
Saugnapf-Befestigungsarten	94
Saugnäpfe	91

Saugnapffläche	102
Saugnapfformen	91
Saugnapfwerkstoff	96
Saugplatte	111
Schliesser	138
Schnellöffungsventile	31
Schockwellen	106
Schrittablauf (Graphset)	133
Schwamm Sauger	93
Senkbetrieb (NPN, sinktype)	135, 136
Sicherheitsfaktor	102
Sicherungsventil	99
Spannung (bipolar)	139
Spannung (unipolar)	139
Spitzenluftverbrauch	23
Stabilität	45
Statische Genauigkeit	46
Staudruck	85
Stelleneinrichtung	43
Stellgrösse	43
Stellungsregler	50
Stern	156
Störgrösse	43
Stossdämpfer	36
Stromsignal	140, 141
Strukturierter Text SCL	133

T

Tastenventil	100
Technischer Normliter (ANR)	18
Topologie	154,171

U

überkritischer Strömungsbe- reich	15
Ultraschall-Näherungsschal- ter	149
Unterdruck	77

V

Vakuumdruckschalter	89
Vakuumzeugereinheiten	87

Vakuumzeugung	80, 112
Vakuumfilter	88
Vakuumschalter	89
Vakuumsicherungsventil	101
Vakuumsystem	117
Vakuumtechnik	77
Vakuumüberwachung	89
VDI 2173	14
Verfahrenstechnik	39
Verformbare Werkstücke	106
Vergleichseinrichtung	43

W

Wiederholgenauigkeit	47
Windkräfte	106

Z

Zentrale Vakuumzeugung	115
Zyklonsauger	97,98, 110
Zykluszeiten	153
Zylinder	25
Zylinderschalter	146

