

### Druckrechnung

$$p_{abs} = p_{amb} + p_e$$

$p_{abs}$	Absoluter Druck	bar
$p_{amb}$	Luftdruck (Umgebung)	bar
$p_e$	Überdruck (Manometer)	bar

### Allgemeine Gasgleichung (Boyle Mariotte ohne T)

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$p_i$	Druck im Zustand i	bar
$V_i$	Volumen im Zustand i	Liter
$T_i$	Temperatur	K od °C

### Volumetrischer Wirkungsgrad

$$\eta_{vol} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$Q_1$	Hubvolumenstrom (Ansaugleistung Kompressor)	Nl/min
$Q_2$	Liefermenge (Volumenstrom Kompressor)	Nl/min

### Volumen eines Druckbehälters

$$V_B = \frac{Q_2}{z \cdot \Delta p} \cdot p_{amb}$$

$V_B$	Volumen Behälter	m³
$Q_2$	Liefermenge Kompressor	m³/h
$z$	Zulässige Schaltspiele pro Stunde	1/h
$\Delta p$	Druckdifferenz Ein/Aus	Pa

### Kolbenkompressor

$V_B = \frac{Q_2 \cdot 15}{z \cdot \Delta p}$	$V_B = \frac{Q_2 \cdot 5}{z \cdot \Delta p}$
---	--

### Schraubenkompressor

$V_B$	Volumen Behälter	m³
$Q_2$	Liefermenge Kompressor	m³/h
$z$	Zulässige Schaltspiele pro Stunde	1/h
$\Delta p$	Druckdifferenz Ein/Aus	Pa

### Kompressorstandzeit [min]

$t_s = \frac{V_B \cdot \Delta p}{Q_B \cdot p_{amb}}$	$t_L = \frac{V_B \cdot \Delta p}{(Q_2 - Q_B) \cdot p_{amb}}$
--	--

### Motorschaltspiele S [1/h]

Leistung [kW]	Zul. Schaltspiele [1/h]
4-7.5	30
11-22	25
30-55	20
65-90	15
110-160	10
200-250	5

### Einschaltdauer

$ED = \frac{t_L}{t_s + t_L}$	%
------------------------------	---

Erklärung zur Einheit Nl/min:  
**N** Normvolumen (Umgebungsbedingungen) Temperatur 20 °C, Druck 1 bar, Luftfeuchtigkeit 0 % rel Feuchte

Normvolumen und Normalvolumen ist nicht das gleiche:  
**Normvolumen** (gemäss DIN 1343) Temperatur 0 °C / 273.15K, Druck 1.01325 bar, Luftfeuchtigkeit 0 % rel Feuchte

### Pneumatik: Zylinderauslegung

#### Zylinderkraft

$$F = A \cdot p_e \cdot \eta$$

$A$	Wirksame Kolbenfläche	m²
$p_e$	Überdruck	Pa
$\eta$	Wirkungsgrad	1

Wirkungsgrad bei neuen Zylindern liegt bei 75%-90%  
 A Ausfahren: Kolbenfläche  
 A Einfahren: Kreisringfläche

#### Zylinderkraft: Einfachwirkender Zylinder mit Rückstellfeder

$$F_{aus} = F - F_F$$

$F$	Zylinderkraft	N
$F_F$	Federkraft bei Hubende	N

#### Lastfaktor

$$k = \frac{F_{eff}}{F_{th}}$$

$F_{eff}$	Kolbenkraft effektiv	N
$F_{th}$	Kolbenkraft theoretisch	N

Sollte max. 80% betragen

#### Knickkraft

$$F_{Knick} = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{l_k^3 \cdot V}$$

E	E-Modul (Stahl: 210000)	N/mm²
J	Axiales Trägheitsmoment (Runde Kolbenstange: $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$ )	mm⁴
l <sub>k</sub>	Freie Knicklänge	Mm
V	Sicherheitsfaktor (2.5-3.5)	-

#### einseitig eingewirkt, ohne Führung

#### beidseitig eingewirkt, mit Führung

#### festes Einengemisch

#### Kolbengeschwindigkeit

$$v = \frac{Q \cdot 10^6}{A_k \cdot 60}$$

$A_k$	Wirksame Kolbenfläche	mm²
Q	Volumenstrom (verdichtete Luft)	l/min
10 <sup>6</sup>	Umrechnung l -> mm³	-
60	Umrechnung min -> s	-

#### Durchschnittlicher Luftverbrauch

$$v = A_k \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}} \cdot 10^{-6} \cdot z_1 \cdot z_2$$

$A_k$	Kolbenfläche	mm²
s	Kolbenhublänge	Mm
n	Einzelhübe	1/min
$p_e$	Betriebsdruck	bar
$p_{amb}$	Luftdruck	bar
10 <sup>6</sup>	Umrechnung l -> mm³	-

$z_1$	Thermischer Korrekturfaktor	Ca. 1.4
$z_2$	Totvolumen Korrekturfaktor	Ca. 1.2-1.6

#### Spitzenverbrauch eines Zylinders

$Q_N$	Nl/min
$Q_N = A_k \cdot v \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot z_1 \cdot z_2$	

$A_k$	Kolbenfläche	mm²
$v$	Kolbengeschwindigkeit	mm/s
$p_e$	Betriebsdruck	bar
$p_{amb}$	Luftdruck	bar
10 <sup>6</sup>	Umrechnung l -> mm³	-
$z_1$	Thermischer Korrekturfaktor	Ca. 1.4
$z_2$	Totvolumen Korrekturfaktor	Ca. 1.2-1.6

Die höchste Summe der Spitzenverbräuche aller simultan in einem Arbeitsschritt bewegter Antriebe bestimmt den Verbrauch.

### Pneumatik: Ventilauslegung

#### Messung Nominaler Durchfluss nach Norm:

Eingangsdruck	$p_1 = 0.6 \text{ MPa}$
Gegendruck	$p_2 = 0.5 \text{ MPa}$
Druckabfall	$\Delta p = 0.1 \text{ MPa}$

#### Druck/Durchflussdiagramm:

Zusammenhang zwischen Druck und Volumenstrom in einem äquivalenten Strömungsquerschnitt von 1 mm²

#### Unterkritische Strömung

$$p_{1e} + p_{amb} < 1.896(p_{2e} + p_{amb})$$

Drücke in MPa einsetzen!

$p_{1e}$	Eingangsdruck (Über)	MPa
$p_{2e}$	Ausgangsdruck (Über)	MPa
$Q_N$	Volumenstrom (unterkrit.)	Nl/min
$Q_N = 222 \cdot S \cdot \sqrt{\Delta p \cdot (p_{2e} + p_{amb})}$		
S	Äquivalenter Querschnitt	mm²
$Q_N$	Volumenstrom (überkrit.)	Nl/min
$Q_N = 111 \cdot S \cdot (p_{1e} + p_{amb})$		

#### Reynolds-Zahl

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

v	Strömungsgeschwindigkeit	m/s
d	Innendurchmesser	m
$\nu$	Kinematische Zähigkeit	m²/s

#### Kritische Strömungsgeschwindigkeit

$$v_{krit} = \frac{v \cdot Re_{krit}}{d}$$

v	Strömungsgeschwindigkeit	m/s
d	Innendurchmesser	m
Re <sub>unt</sub>	Laminar: $Re < 2300$ Turbulent: $Re > 2300$	-
$\nu$	Kinematische Zähigkeit	m²/s

### Kinematische Zähigkeiten:

Medium und Temperatur	Kinematische Zähigkeit $\nu$ in m²/s bei Normluftdruck
Luft bei 0°C	$13.2 \cdot 10^{-6}$
Luft bei 20°C	$16.9 \cdot 10^{-6}$
Luft bei 100°C	$181 \cdot 10^{-6}$
Wasser bei 0°C	$1.79 \cdot 10^{-6}$
Wasser bei 20°C	$1.01 \cdot 10^{-6}$
Wasser bei 100°C	$0.28 \cdot 10^{-6}$

#### Strömungsgeschwindigkeit:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Q	Volumenstrom	m³/s
A	Querschnitt	m²

#### Volumenstrom:

$$Q = \frac{V}{t}$$

V	Volumen	m³
t	Zeit	s

#### Volumenübersetzung:

Einheiten	Pa = N/m²	kPa	MPa	GPa	bar	mbar	µbar
Einheiten	1 Pa = 1 N/m²	10³ Pa = 1 kPa	10⁶ Pa = 1 MPa	10⁹ Pa = 1 GPa	10⁵ Pa = 1 bar	10² Pa = 1 mbar	10⁻⁵ Pa = 1 µbar
Einheiten	F Pascal	1 kPa = 10³ Pa	1 MPa = 10⁶ Pa	1 GPa = 10⁹ Pa	1 bar = 10⁵ Pa	1 mbar = 10² Pa	1 µbar = 10⁻⁵ Pa
Einheiten	1 Pa = 1 N/m²	1 kPa = 10³ Pa	1 MPa = 10⁶ Pa	1 GPa = 10⁹ Pa	1 bar = 10⁵ Pa	1 mbar = 10² Pa	1 µbar = 10⁻⁵ Pa

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000000 \text{ cm}^3 = 1000000000 \text{ mm}^3$$

### Druckluftaufbereitung:

#### Druckluftqualität

Qualitätsstufe	Partikeldichte (µm)	Staub Max. Konzentration (mg/m³)	Wasser Max. Drucksp. (ppm)	CO Max. Konzentration (ppm)
1	5	1	1	0.01
2	5	1	1	0.01
3	5	1	1	0.01
4	5	1	1	0.01
5	5	1	1	0.01

Beispiel Druckluft mit Qualität 2 (0.01 µm): Staub mit max. Größe bis 1 µm und einer Konzentration bis 1 mg/m³, Druckspitzen max. 40 °C, Ölgehalt max. 0.1 mg/m³

#### Druckluftqualitätsklassen nach ISO 8573-1:2004

Klasse	Reststaub (µm)	Reststaub (mg/m³)	Restwasser (ppm)	Trockensystem
0*	< 0.01	< 0.01	< 0.01	-
1	0.1	0.1	0.03	Adsorptionstrockner
2	0.1	0.1	0.1	Adsorptionstrockner
3	1	1	0.88	Adsorptionstrockner
4	5	5	6.00	Källetrockner
5	15	15	7.80	Källetrockner
6	40	40	9.40	-

\* wird erreicht durch den Einsatz der Kompressoren WIS

Klasse	Reststaub (Mikron)	Reststaub (mg/m³)	Filtersystem
1	0.1	0.1	Mikrofilter D/S
2	1	1	Festfilter D/M
3	5	5	Staubfilter D/P
4	15	8	z.B. Ansaugfilter
5	40	10	-

#### Luftfeuchtigkeit

$$\varphi = \frac{f}{f_{max}} \cdot 100\%$$

$\varphi$	Luftfeuchtigkeit relativ	%
f	Luftfeuchtigkeit absolut	g/m³
f <sub>max</sub>	Luftfeuchtigkeit maximal	g/m³

#### Wassermenge in der Luft

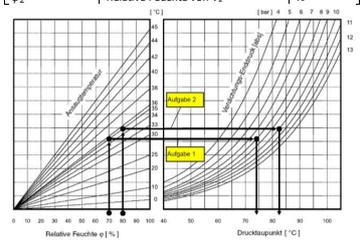
$$m_w = \frac{V_1 \cdot f_{max1} \cdot \varphi_1}{100}$$

$V_1$	Volumen bei $p_{2=0}$	m³
f <sub>max1</sub>	Maximale Feuchte bei $T_1$	g/m³
$\varphi_1$	Relative Feuchte von $V_1$	%

#### Auffallende Kondensatmenge nach Verdichtung

$$m_k = f_{max1} \cdot \frac{V_1 \cdot \varphi_1 - f_{max2} \cdot V_2 \cdot \varphi_2}{100}$$

$V_1$	Volumen bei $p_1$	m³
$V_2$	Volumen bei $p_2$	m³
f <sub>max1</sub>	Maximale Feuchte bei $T_1$	g/m³
$\varphi_1$	Relative Feuchte von $V_1$	%
$\varphi_2$	Relative Feuchte von $V_2$	%



### Elektropneumatik

#### Unterschied

Steuerteil ist nun elektrisch (SPS) statt pneumatisch
---

#### Vorteil pneumatische Steuerung

- einfache Technik
- Polymech kann Steuerung selbst montieren

#### Vorteil elektrische Steuerung

- Strom ist schneller als Druckluft
- größere Distanzen zwischen Steuerung und Leistungteil möglich

#### Direkte Ansteuerung

- Verbraucher wird direkt vom Signalelement mit Strom versorgt

#### Logik

AND	OR	NOT
$E1 \wedge E2 = A1$	$E1 \vee E2 = A1$	$\bar{E1} = A1$

#### Dominierend Ein oder Aus?

Wie ist der Zustand, wenn alles betätigt ist?	Ein -> Dominierend Ein Aus -> Dominierend Aus
---	--

### Hydraulik

#### Kraftübersetzung

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{s_1}{s_2}$$

#### Wegübersetzung

$$\frac{p_1}{A_1} = \frac{p_2}{A_2}$$

#### Volumenstrom

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \cdot v}{t}$$

#### Kontinuitätsgleichung

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$$

#### Volumenübersetzung

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

### Hydraulik: Pumpen

#### Förderleistung

$$P = Q \cdot p$$

$Q$	Geometrischer Volumenstrom	l/min
$V_d$	Verdrängtes Volumen (geometrisch)	dm³
n	Drehzahl	1/min

#### Pumpenförderstrom

$$Q_V = Q_G \cdot \eta_V$$

$\eta_V$	volumetrischer Wirkungsgrad	-
----------	-----------------------------	---

#### Pumpendruck

$$p = M_{p1} \cdot \eta_{hm} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{V_d}$$

$\eta_{hm}$	Wirkungsgrad hydraulisch-mechanisch	-
$M_{p1}$	Zugeführtes Drehmoment	Nm
$V_d$	Verdrängtes Volumen (geometrisch)	m³

#### Pumpenleistung abgegeben

$$P_{ab} = Q_V \cdot p$$

$Q_V$	Pumpenvolumenstrom	m³/s
p	Pumpendruck	Pa

#### Pumpenleistung zugeführt

$$P_{zu} = 2 \cdot \pi \cdot M_{p1} \cdot n = \frac{Q_V \cdot p}{\eta_t}$$

$Q_V$	Pumpenvolumenstrom	m³/s
n	Drehzahl	1/s

#### Wirkungsgrad total

$$\eta_t = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \eta_V \cdot \eta_{hm}$$

### Hydraulik: Motoren

#### Schluckvolumenstrom

$$V_s = \frac{V_d \cdot n}{Q_V}$$

$V_s$	Verdrängtes (Schluck-)Volumen	dm³
n	Drehzahl	1/min
$\eta_V$	volumetrischer Wirkungsgrad	-

#### Drehmoment abgeben

$$M_{M2} = \frac{V_d \cdot p \cdot \eta_{hm}}{2 \cdot \pi}$$

$V_d$	Verdrängtes (Schluck-)Volumen	m³
p	Betriebsdruck/Differenzdruck	Pa

#### Motorenleistung abgeben

$$P_{M2} = 2 \cdot \pi \cdot M_{M2} \cdot n = Q_V \cdot p \cdot \eta_t$$

$Q_V$	Schluckvolumenstrom	m³/s
n	Drehzahl	1/s

#### Wirkungsgrad total

$$\eta_t = \eta_V \cdot \eta_{hm}$$

### Hydraulik: Zylinder

#### Endlagendämpfung & Hubgeschwindigkeiten

< 0.1 m/s	keine Endlagendämpfung nötig
0.1 - 0.3 m/s	Endlagendämpfung oder Bremsventil nötig
> 0.3 m/s	besondere Dämpfungsmassnahmen

#### Bremskraft

$$F_B = m \cdot a + A_k \cdot p_e$$

$p_e$	Nennruck	Pa
$A_k$	Wirksame Kolbenfläche	m²
m	Bewegte Masse	kg
a	Verzögerung	m/s²
v	Hubgeschwindigkeit (ungedämpfte Strecke!)	m/s
s	Dämpfungslänge	m

#### Mittlerer Dämpfungsdruck

$$p_D = \frac{F_B}{A_k}$$

$F_B$	Bremskraft	N
$A_k$	Mittlere Dämpfungsfläche	m²

#### Kolbenkraft (doppeltwirkender Zylinder)

$$F = p_e \cdot A_k \cdot 2$$

$p_e$	Wirksame Kolbenfläche (Kolbenfläche beim Ausfahren oder beim Einfahren)	Pa
$A_k$	Wirksame Kolbenfläche (Kolbenfläche beim Ausfahren oder beim Einfahren)	m²

#### Kolbengeschwindigkeit

$$v = \frac{Q_V \cdot \eta_{vol}}{A_k}$$

$Q_V$	Fördervolumenstrom	m³/s
A	Wirksame Kolbenfläche (Kolbenfläche beim Ausfahren oder beim Einfahren)	m²
$\eta_{vol}$	Volumetrischer Wirkungsgrad	-

#### Flächenverhältnis

$$\varphi = \frac{A_{k2}}{A_{k1}} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$A_k$	Kolbenfläche	m²
$A_{k2}$	Kreisringfläche	m²

#### Differentialformel

#### Normabmessungen

Zylinderinnendurchmesser [mm]	Kolbenstangendurchmesser [mm]	Nennruck [bar]
12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 360, 400	8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 63, 70, 80, 90	25, 40, 63, 100, 160, 250, 315, 400, 500, 630 rot ist anzuwenden

### Hydraulik: Ventile

#### Druckdifferenz für Stromregelventile (2-Wege)

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{F_F}{A_{k1}}$$

Die Druckdifferenz wird immer konstant gehalten

**Energieversorgung**

- Filter mit Verschmutzungsanzeige
- Abscheider mit manueller Entwässerung
- Entwässerung mit autom. Öl
- Lufttrockner
- Submikrofilter
- Mikrofilter

**Wegeventile**

- 2/2-Wegeventil
- 3/2-Wegeventil (Sperr-Ruhestellung)
- 3/2-Wegeventil (Durchfluss-Ruhestellung)
- 4/2-Wegeventil
- 5/2-Wegeventil
- 5/3-Wegeventil
- 4/3 mit Sperrmittelstellung
- 4/3 mit Übergangstellung

**Betätigungsarten**

- Allgemein
- Druckknopf
- Hebel
- Hebel mit Raste
- Pedal
- Stößel
- Rolle
- Rollenhebel
- Feder
- Federzentriert
- Direkt Druckluft
- indirekt bzw. vorgesteuert
- Elektromagnet
- EM beidseitig
- vorgesteuert beidseitig eletrom. betätigt, Handhilfsbet.
- Absperrventil

**Sperr-, Strom- und Druckventile**

- Rückschlagventil
- RSV federbelastet
- Wechselventil (ODER-Funktion)
- Zweidruckventil (UND-Funktion)
- Schnellentlüftungsv.
- Drosselrückschlagv.
- Drosselventil
- Druckregelventil
- DRV (Entlastungsö.)
- Druckschaltventil
- Druckbegrenzungsventil
- Druckschaltv.
- Zeitverzögerungsv.

**Arbeitselemente**

- EW-Zylinder
- DW-Zylinder
- DW-Zyl Kolbenstange beidseitig
- DW-Zyl Dämpfung
- DW-Zyl Dämpfung einstellbar
- DW-Zyl Dämpfung beidseitig einstellb.
- Kolbenstangenloser Zyl. Magnetische Kupplung
- Tandem / Twinzylinder
- Kolbenstangenloser Zylinder Linearantrieb
- Zyl. mit Endlagenvorriegelung
- Zyl. mit Feststell-einheit

**Drehantriebe**

- Pneumatischer Motor konst. VV 1 Stromrichtung
- pn. Motor veränderl. Verdrängungsvolumen 1 Stromrichtung
- pn. Motor veränderl. VV 2-Stromrichtungen
- pneumatischer Schwenkmotor

**Verdichter**

- Allgemeiner Verdichter
- Hubkolben Verdichter
- Kreuzkopf Verdichter
- Membran Verdichter
- Vielzellen Verdichter
- Schrauben Verdichter
- Roots Verdichter
- Turbo Verdichter
- Axial Verdichter
- Turbo Verdichter
- Radial Verdichter
- Flüssigkeitsring-kompressor

**Kühler**

- Kühler mit Angabe der Fließrichtung des Kühlmittels
- Heizung
- Temperaturregler
- Schalldämpfer
- Speicher, Gasflache Behälter
- Speicher mit Gasspannvorricht.
- Luftbehälter
- Druckluftbehälter
- Flüssigkeitsbehälter mit Rohr über Pegel
- Rohr unter Pegel
- pneumatischer Muskel
- Manometer, Druckmessgerät
- Differenzdruckmessgerät
- Thermometer
- Durchflussmessgerät
- Füllstandsanzeiger
- Volumenstromanzeiger
- Drehzahlmessgerät
- Drehmomentmessgerät

**Schnell entlüftungs-ODER Ventil mit Schalldämpfer**

**Drosselrückschlagventilzusätzlich**

**Drosselrückschl.v. mit Restdruckentlüftungsventil**

**Drosselrückschl.v. mit Pilot-Rückschlagventil**

**doppel Drosselrückschlagventil mit Steckverbindungen**

**Wartungseinheit**

**ausführlich (Öter ist der Strich o.r.)**

**Hydraulik (spezifisch)**

- Druckquelle, hydraulisch
- Behälter
- Filter
- Kühler
- Heizung
- Konstant-Hydropumpe mit einer Stromrichtung
- Konstant-Hydropumpe mit zwei Stromrichtungen
- Rückstellung durch äußere Kraft
- Druckbegrenzungsventil
- 2 Wege Druckregelventil
- 3 Wege Druckregelventil
- 3 Wege Druckregelventil
- Allgemeines Symbol, mit Federrückstellung und Leckabschluss
- Handtaster und Federrückstellung
- Handhebel und Rasteinstellung
- Pedal und Federrückstellung
- 2 Wege Stromregelventil (vereinfacht) =>
- (ausführlich):

**Positionierzylinder => mit Wegmesssystem, Proportionalventil etc. Anschluss direkt an SP5**

**Teleskopzylinder einfach wirkend**

**doppelt wirkend**

**Negative Schaltüberdeckung:**

**Positive Schaltüberdeckung:**

**Druckbegrenzungsventil intern gesteuert, gedämpft:**

**3 Wegdruckregelventil:**

**Graetzblock:**

**Hupe Klingel Sirene**

**Leuchtdiode (LED)**

**Elektropneumatik**

- Schliesser
- Öffner
- Verzögerte Betätigung
- Verzögerter Rückfall
- Wechsler
- Taster mit Schliesser handbet. drücken
- Taster handbet. drehen
- Batterie Wechselspannung Gleichspannung

**mechanisch betätigt**

- Elektrom. betätigt
- Relais K1
- Relais abfallverzögert
- Relais anzugsverzögert
- Lampe
- DC-Motor

**Taster als Schliesser (monostabil)**

**Taster als Öffner (monostabil)**

**Schalter als Schliesser (bistabil)**

**Schalter als Öffner (bistabil)**

**Betätigung verzögert als Schliesser (Einschaltverzögert)**

**Betätigung verzögert als Öffner (Ausschaltverzögert)**

**Rückfall verzögert als Schliesser (Ausschaltverzögert)**

**Rückfall verzögert Öffner (Einschaltverzögert)**

**Fotoelektrisch**

**Mechanisch**

**Näherungsschalter:**

- Näherungsschalter kapazitiv
- Näherungsschalter magnetisch
- Näherungsschalter induktiv
- Näherungsschalter optisch
- Reflektionslichtschrank.
- Ultraschall

**Differenzdruckschalter pneum. Teil**

**elektri. Teil**

**Druckschalter: pneum. Teil**

**elektr. Teil**

**Symbole FUP**

- UND Bedingung
- ODER Bedingung
- Ein/Start
- Aus/Stop
- Ein/Aus
- Tippen
- Automatik ein
- Gefahrenabschaltung
- Zweihandrückführung

**Nicht Bedingung**

**Signal von oder zu Maschine**

**Signallinien = Pfeile**

Kontakttyp	Funktionsziffer
Öffner	1.2
Schliesser	3.4
Öffner, verzögert	5.6
Schliesser, verzögert	7.8
Wechsler	1,2,4
Wechsler verzögert	5,6,8

**Positionierzylinder**

**Positionierzyl. mit Bremse**

**Doppeltwirkender Zyl. mit Verriegelung**

**DW Zylinder verdrehges. Kolbenstange**

**DW Niederdruckhydraulik Zylinder**

**Wegventil 5/3-Wegeventil, Mittelstellung offen**

**Wegventil 5/3-Wegeventil, Mittelstellung druckbeanspruch**