

Einsatzbedingungen und Normen in der Pneumatik

Was ist beim Einsatz von Festo Produkten zu beachten?

Die Einhaltung der jeweils angegebenen Grenzwerte der technischen Daten und die Beachtung von Sicherheits-/Hinweisen ist die Voraussetzung für den bestimmungsgemäßen Gebrauch und daher vom Anwender unbedingt zu gewährleisten.

Es ist beim Einsatz von Pneumatik-elementen auf den Betrieb mit ordnungsgemäß aufbereiteter Druckluft ohne aggressive Medien sowie die Einhaltung auch der Vorgaben an die Umgebung (z. B. Klima) zu achten.

Beim Einsatz von Festo Produkten in sicherheitsgerichteten Anwendungen sind stets die nationalen und internationalen Gesetze, Vorschriften, z. B. Maschinenrichtlinie, mit den entsprechenden Normverweisen, die Berufsgenossenschaftsregeln sowie die einschlägigen internationalen Regelwerke zu beachten und einzuhalten.

Eigenmächtige Umbauten und Veränderungen an Produkten und Systemen von Festo bedeuten ein Sicherheitsrisiko und sind aus diesem Grund nicht gestattet. Für daraus resultierende Schäden kann Festo keine Haftung übernehmen.

Nehmen Sie die Beratung von Festo in Anspruch, sobald für den geplanten Einsatz des Produkts einer der folgenden Punkte zutrifft:

- Die Umwelt- und Einsatzbedingungen oder das Betriebsmedium weichen von den angegebenen technischen Daten ab.
- Das Produkt soll eine Sicherheitsfunktion übernehmen.
- Eine Gefahren- oder Sicherheitsanalyse ist erforderlich.
- Bei Unsicherheiten über die Tauglichkeit des Produktes für den geplanten Einsatz.
- Bei Unsicherheiten über die Tauglichkeit des Produktes für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen.

Alle technischen Angaben entsprechen dem Stand der Drucklegung. Alle in dieser Schrift enthaltenen Inhalte, Texte, Darstellungen, Abbildungen und Zeichnungen sind Eigentum der Festo AG & Co. KG und damit urheberrechtlich geschützt.

Jede wie auch immer geartete Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen ist ohne Zustimmung der Festo AG & Co. KG unzulässig.

Durch den ständigen technischen Fortschritt sind Änderungen vorbehalten.

Normen in der Pneumatik

Auch in der Pneumatik hat die Normung ihre Bedeutung. Normung bedeutet Vereinheitlichung (Standardisierung). Normung ist auch die Basis für den freien Handel von Waren und Dienstleistungen zwischen Unter-

nehmen in einem Land aber auch über die Ländergrenzen hinaus. Normen in der Industrie beschreiben den Stand der Technik. Sie schaffen eine einheitliche Basis für die Beurteilung von technischen Sachverhal-

ten. Für die Pneumatik relevante Normen befassen sich mit Dimensionen, Sicherheit, Qualität. Festo arbeitet seit Jahren in den relevanten nationalen und internationalen Normungsausschüssen aktiv mit.

Pneumatische Antriebe

- Normbasierte Zylinder nach ISO 6432
- Normbasierte Zylinder nach ISO 21 287.
- Normbasierte Zylinder nach ISO 15552 (ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24 562), NFE 49003.1 und UNI 10290.
- Gabelköpfe nach ISO 8140 bzw. DIN 71 752
- Gelenkköpfe nach ISO 12 240-4, Maßreihe K

Ventile/Ventilinseln

- Ventilinseln für Normventile.
- Magnet- und Pneumatikventile mit Anschlussbild nach ISO 15407-1.
- Ventil-Anschlussplatten nach ISO 15407-1.
- Ventilinseln mit Anschlussbild nach ISO 15407-2.
- Magnet- und Pneumatikventile mit Anschlussbild nach ISO 5599-1.
- Ventilinseln mit Anschlussbild nach DIN ISO 5599-2.
- Ventil-Anschlussplatten mit Anschlussbild nach ISO 5599-1 und Außenabmessungen nach VDMA 24345.
- Magnetventile mit Anschlussbild nach VDI/VDE 3845 (Namur).

Druckluftaufbereitung

- Druckluftqualität nach ISO 8573-1:2010
- Rohrfeder-Manometer nach EN 837-1
- Kapselfeder-Manometer nach EN 837-3
- Druckluftspeicher nach Richtlinie 97/23/EG, 87/404/EWG bzw. EN 286-1.

Druckluftaufbereitung

Warum Druckluftaufbereitung?

Eine sachgerechte Druckluftaufbereitung hilft Störungen an pneumatischen Komponenten zu vermeiden. Sie erhöht die Lebensdauer der Komponenten und verringert Maschinenausfall und Stillstandzeiten. Die Prozesssicherheit wird erhöht. Die Druckluft enthält Verunreinigungen in Form von

- Partikeln,
- Wasser und
- Öl.

Wasser und Öl kann dabei sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Form vorliegen bzw. innerhalb des Druckluftnetzes von der einen in die andere Form übergehen.

Alle drei Verunreinigungen liegen in einem realen Druckluftnetz nicht in Reinform vor sondern bilden ein Gemisch. Dieses Gemisch kann an verschiedenen Punkten im Netz zu unterschiedlichen Zeitpunkten stark variieren. So kann sich in Stichleitungen z. B. Wasser sammeln

oder Partikel können sich über längere Zeit in einem Totraum ablagern und dann durch einen Druckstoß auf einen Schlag weitergerissen werden.

Schlecht aufbereitete Druckluft führt zu Störungen wie:

- Schneller Verschleiß von Dichtungen
- Verölte Ventile im Steuerteil
- Verschmutzte Schalldämpfer

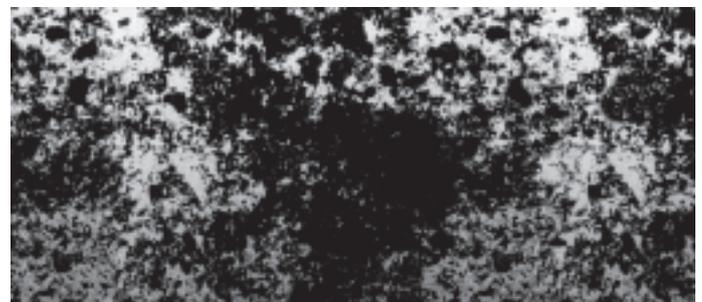
Mögliche Auswirkungen für Anwender und Maschine:

- Geringere Maschinenverfügbarkeit
- Höhere Energiekosten durch Leckage
- Höherer Wartungsaufwand
- Geringere Lebensdauer der Komponenten und Systeme

Partikel

Partikel in der Druckluft treten üblicherweise in Form von Stäuben (Ruß, Abrieb, Korrosionsprodukte) auf. Über das Druckluftnetz können gelegentlich auch Metallspäne, z. B. aus Umbauarbeiten, oder Reste von Dichtmitteln, wie z. B. PTFE-Band, in

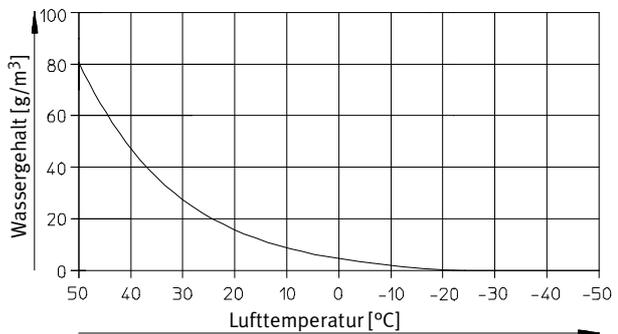
die Druckluft geraten. Nach ISO 8573-1:2010 werden die Partikel in Feinstäube: Größe 0,1 ... 5 µm und Grobstäube: Größe > 5 µm klassifiziert.



Wassergehalt der Luft

Der maximale Wassergehalt der Luft (100% relative Luftfeuchtigkeit) ist temperaturabhängig. Pro Volumeneinheit (in m³) kann die Luft nur eine bestimmte Wassermenge (in g) aufnehmen, egal welchen Druck sie besitzt. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen. Überschüssige Feuchtigkeit kondensiert

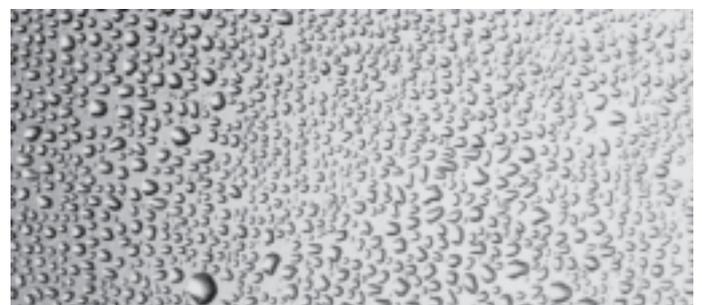
aus. Sinkt die Lufttemperatur z. B. von 20 °C auf 3 °C, reduziert sich der maximale Wassergehalt der Druckluft von 18 g/m³ auf 6 g/m³. Die Druckluft kann also nur noch ca. ein Drittel Wasser aufnehmen. Der Rest (12 g/m³) fällt als Tropfen (Tau) aus und muss, soll er keine Störungen verursachen, abgeführt werden.



Wasserkondensation

Wasser ist als natürliche Luftfeuchtigkeit immer in der Luft vorhanden. Wasser wird beim Abkühlen der Druckluft in größeren Mengen frei.

Trocknung hilft Korrosionsschäden im Druckluftnetz und Funktionsstörungen bei den angeschlossenen Verbrauchern zu vermeiden.

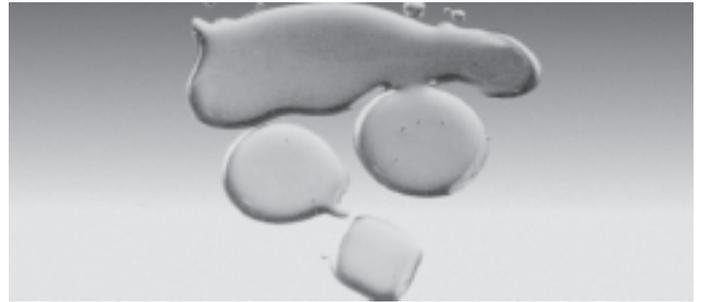


Druckluftaufbereitung

Ölverunreinigung

Auch bei ölfrei arbeitenden Verdichtern sorgen Ölaerosole in der angesaugten Atmosphäre für eine entsprechende Restölbelastung. Dieses

Öl ist aber zur Schmierung von Antrieben ungeeignet und kann sogar empfindliche Teile verstopfen.



Wie sauber muss Druckluft sein?

Die Anforderungen geben die Druckluftqualität vor

Die Antwort ist ganz einfach: Die Druckluft muss immer so sauber sein, dass sie keine Störung verursacht oder Beschädigungen hervorruft.

Da jeder Filter auch einen Durchflusswiderstand darstellt, sollte die Druckluft aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch immer nur so sauber wie nötig sein.

Die breite Anwendungspalette von Druckluft stellt somit die unterschiedlichsten Ansprüche an die Druckluftqualität. Ist eine hohe Druckluftqualität gefordert, sollte in

mehreren Stufen gefiltert werden → Seite 6. Würde man sich nur mit einem „feinen“ Filter begnügen, wäre dieser in kurzer Zeit zugesetzt.

Dimensionierung

Hinweis

Geräte am Eingang einer Luftteilung/Luftverteilung sollten hohe Durchflusswerte aufweisen, da sie den Gesamtluftbedarf zur Verfügung stellen müssen.

Weitere Informationen → www.festo.com/catalogue/ Druckluftaufbereitung

Die Dimensionierung der Wartungsgeräte ist vom Luftverbrauch der Anlage abhängig. Unterdimensionierung führt zu Druckschwankungen und zu verkürzten Filterstandzeiten. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten

sollten hohe Luftqualitäten nur dort eingesetzt werden, wo sie auch wirklich benötigt werden. Abzweigmodule zwischen den einzelnen Filterstufen erlauben den Abgriff unterschiedlicher Luftqualitäten.

Funktion von Wartungsgeräten

Druckluft-Filter reinigen die Luft von festen Bestandteilen und Feuchtigkeitströpfchen. Partikel > 40 ... 5 µm (je nach Filterfeinheit) werden durch einen Sinterfilter zurückgehalten. Flüssigkeiten werden mit Hilfe der Zentrifugalkraft abgeschieden. Das in der Filterschale angesammelte Kondensat muss von Zeit zu Zeit entleert werden, da es sonst durch die Luft mitgerissen wird.

Verschiedene Branchen benötigen sehr oft feinstgefilterte Luft. Dazu werden Fein- und Feinstfilter eingesetzt. Feinfilter dienen zur Vorfiltrierung mit 1 µm.

Feinstfilter reinigen die Steuerluft nahezu restlos von den noch in der Druckluft enthaltenen kleinsten Wasser- und Öltröpfchen sowie Schmutzpartikeln. Dabei wird die

Druckluft zu 99,999% bezogen auf 0,01 µm ausgefiltert.

Das Druckregelventil hält den Arbeitsdruck (Sekundär-Seite) weitgehend konstant, unabhängig von Druckschwankungen im Netz (Primär-Seite) und vom Luftverbrauch. Der Eingangsdruck muss immer höher sein als der Arbeitsdruck.

Der Druckluft-Öler hat die Aufgabe, wenn notwendig, Pneumatik-elemente ausreichend mit Schmiermittel zu versorgen. Das Öl wird aus dem Vorratsbehälter angesaugt und durch Berührung mit der strömenden Luft zerstäubt. Der Öler beginnt erst dann zu arbeiten, wenn eine genügend große Strömung vorhanden ist.

Druckluftaufbereitung

Geölte Druckluft

Bei geölter Druckluft sind folgende Hinweise zu beachten:

- Verwenden Sie das Spezialöl OFSW-32 von Festo oder die im Katalog aufgeführten Alternativen (entsprechend DIN 51524-HLP 32, Viskosität 32 cSt bei 40 °C).
- Bei geölter Druckluft darf die Zusatzölung 25 mg/m³ nicht überschreiten (ISO 8573-1:2010). Die nach dem Kompressor aufbereitete Druckluft muss der Qualität ungeölter Druckluft entsprechen.
- Der Betrieb mit geölter Druckluft führt zum „Auswaschen“ der für den ölfreien Betrieb notwendigen Lebensdauerschmierung. Dies

kann zu Funktionsstörungen führen, wenn nach geöltem Betrieb wieder auf ungeölten Betrieb umgestellt wird.

- Die Öler sollten, wenn möglich, immer nur direkt vor den verbrauchenden Zylinder installiert werden und nicht die gesamte Anlage mit geölter Luft gefahren werden.
- Nie die Anlage überölen! Für den Nachweis der richtigen Ölereinstellung kann folgend beschriebener „Ölbildtest“ durchgeführt werden: An der Abluftbohrung (ohne Schalldämpfer) eines Arbeitsventils des am weitesten entfernten Zylinders wird im Abstand von

10 cm ein Stück weißer Karton gehalten. Lässt man die Anlage einige Zeit durchtackten, so darf sich auf dem Karton nur eine leichte gelbliche Färbung zeigen. Abtropfendes Öl ist ein deutlicher Beweis für eine Überölung.

- Ein weiteres Indiz für Überölung ist die Färbung bzw. Zustand der Abluftschalldämpfung. Eine deutliche Gelbfärbung und Öltropfen signalisieren eine zu starke Ölereinstellung.
- Unsaubere oder falsch geölte Druckluft verkürzt die Lebensdauer der Pneumatiketelemente.

- Wartungseinheiten sind bezüglich der Kondensat- und Ölereinstellung mindestens zweimal pro Woche zu kontrollieren. Dies sollte in den Wartungsplan der Maschine mit aufgenommen werden.
- Aus Gründen des Umweltschutzes sollte versucht werden, ohne zusätzliche Schmierung auszukommen. Festo Pneumatik Ventile und Zylinder sind so konstruiert, dass sie bei den zugelassenen Einsatzbedingungen keine zusätzliche Schmierung benötigen und trotzdem eine hohe Lebensdauer garantiert ist.

Ölgehalt

Hier muss zwischen Restöl bei ungeöltem Betrieb und Zusatzöl bei geöltem Betrieb unterschieden werden.

Ungeölter Betrieb:

Untersuchungen über Restölgehalte in der Druckluft haben gezeigt, dass die unterschiedlichen Ölsorten zu völlig verschiedenen Auswirkungen führen. Aus diesem Grund muss bei der Bewertung des Restölgehaltes unterschieden werden in:

- Bioöle: Öle, die auf Basis synthetischer Ester oder nativer Ester (z. B. Rapsölmethylester) aufgebaut sind. Hier darf der Restölgehalt von maximal 0,1 mg/m³ nicht überschritten werden.

Dies entspricht ISO 8573-1:2010 Klasse 2 → www.festo.com/catalogue/Druckluftaufbereitung. Größere Ölmengen führen bei O-Ringen, Dichtungen und

anderen Teilen (z. B. Filterschalen) von Geräten pneumatischer Einrichtungen zu Schäden, die einen frühzeitigen Ausfall der Produkte zur Folge haben können.

- Mineralöle (z. B. Öle HLP nach DIN 51524 Teil 2) oder entsprechende Öle auf Basis von Polyalphaolefinen PAO. Hier darf der Restölgehalt von max. 5 mg/m³ nicht überschritten werden. Dies ent-

spricht ISO 8573-1:2010 Klasse 4 → www.festo.com/catalogue/Druckluftaufbereitung. Ein höherer Restölgehalt kann unabhängig vom Kompressorenöl grundsätzlich nicht zugelassen werden, da sonst der Grundschmierstoff mit der Zeit ausgewaschen wird. Dies kann zu Funktionsstörungen führen.

Feuchte

Drucktaupunkt max. 3 °C.

Entspricht ISO 8573-1:2010 mind. Klasse 4 → www.festo.com/catalogue/Druckluftaufbereitung.

Hinweis

Der Drucktaupunkt muss min. 10 K niedriger als die Mediumtemperatur sein, da es sonst zu einem Vereisen der expandierten Druckluft kommt.

Feststoffe

Zulässige Partikelbelastung max. 10 mg/m³, Teilchengröße max. 40 µm.

Entspricht ISO 8573-1:2010 Klasse 7 → www.festo.com/catalogue/Druckluftaufbereitung.

Geeignete Ölsorten

Spezialöl in 1-l-Gebinde:

Bestellcode OFSW-32

Hinweis

Optimale Druckluftaufbereitung und dadurch weniger Maschinenausfälle und höhere Prozesssicherheit. Siehe dazu:

Druckluftqualitätsanalyse
→ www.festo.com

Druckluftaufbereitung

Reinheitsklassen für Partikel nach ISO 8573-1:2010			
Klasse	Maximale Anzahl Teilchen pro m ³ in Abhängigkeit von der Teilchengröße d		
	0,1 µm < d ≤ 0,5 µm	0,5 µm < d ≤ 1,0 µm	1,0 µm < d ≤ 5,0 µm
0	Entsprechend der Spezifikation durch den Nutzer oder Anbieter von Geräten und strenger als Klasse 1		
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100
3	Nicht spezifiziert	≤ 90 000	≤ 1 000
4	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	≤ 10 000
5	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	≤ 100 000

Klasse	Massenkonzentration C _p [mg/m ³]
6 ¹⁾	0 < C _p ≤ 5
7 ¹⁾	5 < C _p ≤ 10
X	C _p > 10

1) Für die Druckluftversorgung von Industriewerkzeugen und mit pneumatischer Kraft arbeitenden Maschinen wird herkömmlicherweise mittels Universalfiltern, die für Partikelgrößen von 5 µm (Klasse 6) bzw. 40 µm (Klasse 7) ausgelegt sind, gereinigte Luft verwendet. Diese Auslegungen wurden viele Jahre lang verwendet, bevor die neuesten Systeme zur Messung von Partikelgrößen entwickelt wurden, und haben einen zufriedenstellenden Betrieb ermöglicht, während die Druckverluste (und somit Leistungsverluste) auf ein Mindestmaß beschränkt wurden. Die Filterung erfolgt nicht zu 100 %, vielmehr besitzen die Filter eine Effizienz von mindestens 95 % bezogen auf die spezifizierte Partikelgröße; d. h. bei Klasse 6 werden 95 % aller Partikel der Größe 5 µm, bei Klasse 7 werden 95 % aller Partikel der Größe 40 µm gefiltert (gemessen gemäß ISO 12500-3).

Reinheitsklassen für Feuchtigkeit und flüssiges Wasser nach ISO 8573-1:2010	
Klasse	Drucktaupunkt [°C]
0	Entsprechend der Spezifikation durch den Nutzer oder Anbieter von Geräten und strenger als Klasse 1
1	≤ -70
2	≤ -40
3	≤ -20
4	≤ +3
5	≤ +7
6	≤ +10

Klasse	Konzentration von flüssigem Wasser C _w [g/m ³]
7	C _w ≤ 0,5
8	0,5 < C _w ≤ 5
9	5 < C _w ≤ 10
X	C _w > 10

Reinheitsklassen für Gesamtgehalt an Öl nach ISO 8573-1:2010	
Klasse	Gesamtkonzentration von Öl (flüssig, Aerosol und Dampf) [mg/m ³]
0	Entsprechend der Spezifikation durch den Nutzer oder Anbieter von Geräten und strenger als Klasse 1
1	≤ 0,01
2	≤ 0,1
3	≤ 1
4	≤ 5
X	> 5

Druckluftaufbereitung

Druckluftqualität in der Anwendung

Bezeichnung nach ISO 8573-1:2010 [Partikel:Wasser:Öl] Die über Druckluftaufbereitung erreichbare Klasse hängt von der Qualität der Druckluft nach dem Kompressor ab. Die Angaben gelten für typische Druckluftnetze und erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Luftaufbereitung zentral		Luftverteilung	Luftaufbereitung dezentral		Typische Anwendungen
Komponente	Klasse	Klasse	Komponente	Klasse ³⁾	
Kompressor	[-:--:--]	[-:--:--]	Wasserabscheider	[-:7:-]	Alle Anwendungen bei denen nahezu kondensatfreie Druckluft erforderlich ist. Keine definierte Partikelfilterung.
Kompressor + Vorfilter + Trockner	[7:4:4] ¹⁾	[-:4:-] ²⁾	Filter 40 µm	[7:4:4]	Betriebsmedium für Ventile, Zylinder, Sekundärverpackung (Standard)
			Filter 5 µm	[6:4:4]	Servopneumatisches Positionieren mit Proportional-Wegeventilen, Druckluftwerkzeuge
			Filter 5 + 1 µm	[2:4:3]	Anwendungen mit einem Restölgehalt < 0,5 mg/m ³ , Textilindustrie, Luftspinnmaschinen, Papierindustrie
			Filter 5 + 1 + 0,01 µm	[1:4:2]	Anwendungen mit einem Restölgehalt < 0,01 mg/m ³ , z. B. Luftlager, Lackieren, Pulverbeschichten
			Filter 5 + 1 + 0,01 µm + Aktivkohlefilter	[1:4:1]	Anwendungen mit einem Restölgehalt < 0,003 mg/m ³ , Reduzierung von Öldämpfen und Gerüchen, Optische Instrumente, Sperrluft für Glasmaßstäbe/Laser, Primärverpackung
			Filter 5 + 1 + 0,01 µm + Aktivkohlefilter + Membrantrockner	[1:3:1]	Halbleiterindustrie, Pharmazeutische Produkte
			Filter 5 + 1 µm + Adsorptionstrockner	[2:2:2]	Anwendungen im Tieftemperaturbereich, Trockene Prozessluft, Pulvertransport, Nahrungsmittelherstellung [1:2:1]

- Bei geeigneter Luftaufbereitung nach Kompressor auch deutlich bessere Klassen möglich.
- Rohrleitungssysteme können Partikelgehalt der Druckluft erhöhen (Späne, Rost, ...), flüssiges Öl kann sich in manchen Pfaden der Druckluftverteilung aufkonzentrieren. Angaben gelten bei normaler Raumtemperatur. Unterliegen Teile des Druckluftnetzes geringeren Temperaturen, muss die Feuchtklasse so gewählt werden, dass der Drucktaupunkt um 10 K unter der minimal zu erwartenden Temperatur liegt.
- Klasse nach ISO 8573-1:2010 bei Raumtemperatur 20 °C.

Definition der Druckluftreinheitsklasse nach ISO 8573-1:2010

Die Qualität der Druckluft wird durch

- feste Verunreinigungen (Partikel),
- Feuchtigkeit und Wasser und
- Ölgehalt

bestimmt.

Die Luftreinheitsklasse wird folgendermaßen angegeben:

A = Partikel
B = Feuchte
C = Ölgehalt

Beispiel:
ISO 8573-1:2010 [-:7:-]
Partikel: nicht definiert
Feuchtigkeit: ≤ 0,5 g/m³
Ölgehalt: nicht definiert

Einsatzbedingungen für Ventile

Medium

Pneumatikventile von Festo können unter normalen Einsatzbedingungen sowohl mit geölter als auch ungeölter Druckluft betrieben werden. Sollte in besonderen Fällen eine abweichende Druckluftqualität erforderlich sein, so ist dies aus den technischen Daten des jeweiligen Produktes ersichtlich.

Der ölfreie Betrieb wird durch die Wahl der verwendeten Werkstoffpaarungen, die geometrische Gestaltung der dynamischen Dichtungen sowie die ab Werk versehene Grundschmierung ermöglicht. Bei folgenden Einsatzbedingungen ist ein ölfreier Betrieb nicht möglich:

- Wurden die Ventile einmal mit geölter Druckluft betrieben, ist unbedingt zu beachten, dass für den weiteren Einsatz stets geölte Druckluft erforderlich ist, da eine Zusatzölung die Grundschmierung auswäscht.

- Erforderlich ist jedoch auf alle Fälle eine Filterfeinheit, die Verunreinigungen bis 40 µm abscheidet (Standardausführung der Filterpatrone). Für besondere Anwendungsfälle kann feinst gefilterte Druckluft notwendig sein.

Nennweite

Die Nennweite gibt Aufschluss über den kleinsten Querschnitt im Hauptstrom des Ventiles, sie gibt den

Durchmesser eines gedachten Kreises an und wird in mm ausgedrückt. Sie ist eine Größe, die nur begrenzt

einen Vergleich verschiedener Elemente zulässt. Für Produktvergleiche ist auch der Normalnenndurch-

fluss zu beachten.

Normalnenndurchfluss

Der Normalnenndurchfluss q_{nN} ist die bei Festo verwendete Durchflusskenngröße eines Gerätes oder Bauteiles in l/min.

Der Normalnenndurchfluss q_{nN} ist der auf Normbedingungen (nach DIN 1343) bezogene Durchfluss unter folgenden Messbedingungen:

- Prüfmedium Luft
- Temperatur 20 ± 3 °C (Mediumtemperatur)

- Prüfgegenstand bei Raumtemperatur
- Die einzustellenden Drücke sind für Bauteile mit konstantem Querschnitt (z. B. Wegeventile):
Eingangsdruck $p_1 = 6$ bar
Ausgangsdruck $p_2 = 5$ bar

Normbedingungen nach DIN 1343:

- $t_n = 0$ °C (Normtemperatur)
- $p_n = 1,013$ bar (Normdruck)

Ausnahme 1:
Schalldämpfer
Eingangsdruck $p_1 = 6$ bar
Ausgangsdruck $p_2 = p_{amb}$
 p_{amb} = atmosphärischer Druck

Ausnahme 2:
Niederdruckelemente
Eingangsdruck $p_1 = 0,1$ bar
Ausgangsdruck $p_2 = p_{amb}$

Ausnahme 3:
Für Druck-Regelventile:
Eingangsdruck $p_1 = 10$ bar (konstant) und
Ausgangsdruck $p_2 = 6$ bar
bei $q = 0$ l/min
werden am Prüfgegenstand eingestellt. Anschließend wird der Durchfluss mit Hilfe des Drosselventils langsam und stetig gesteigert bis der Ausgangsdruck auf den Wert $p_2 = 5$ bar einbricht. Der sich dabei ergebende Durchfluss wird gemessen.

Druck und Druckbereiche

Druck

Kraft pro Fläche. Es ist zwischen Differenzdruck gegen die Atmosphäre und dem Absolutdruck zu unterscheiden. Druckangaben für pneumatische Geräte sind grundsätzlich als Differenzdruck gegen die Atmosphäre zu verstehen, sofern nichts anderes ausdrücklich gesagt ist.

Formelzeichen
Differenzdruck gegen Atmosphäre p
Absolutdruck p_{abs}
Einheit: bar, Pa (Pascal)
1 bar = 100 000 Pa

Betriebsdruck

Angabe in Verbindung mit „max.“ oder „max. zulässig“ gibt an, bis zu welchem Maximaldruck ein Element oder System sicher betrieben werden kann.

Betriebsdruckbereich

Dies ist der Bereich zwischen dem niedrigsten erforderlichen und dem höchsten zulässigen Betriebsdruck für den sicheren Betrieb eines Elementes oder Systems. Dieser Druckbereich wird in der Pneumatik auch als Arbeitsdruckbereich bezeichnet.

Steuerdruckbereich

Bereich zwischen niedrigstem erforderlichem und höchstem zulässigem Steuerdruck für die einwandfreie Funktion eines Ventils oder Systems.

Genormt wurden nach ISO 4399 z. B. folgende Drücke: 2,5; 6,3; 10; 16; 40 und 100 bar.

Abfalldruck

Druck, bei dessen Unterschreiten ein monostabiles Wegeventil durch seine Feder wieder die Ruhestellung einnimmt.

Absolutdruck

In einem völlig luftleeren Raum (100% Vakuum) herrscht der Druck 0. Drücke, die von diesem theoretischen Nullpunkt an gerechnet werden, sind Absolutdrücke.

Ansprechdruck

Druck, bei welchem ein Wegeventil betätigt wird. Katalogangaben zum Ansprechdruck sind so zu verstehen, dass dieser Mindestdruck am Signaleingang anliegen muss, um das Ventil sicher zu schalten.

Anschlussbezeichnungen von Pneumatikelementen nach ISO 5599

Bezeichnungen von Anschlüssen		
	durch Ziffern nach ISO 5599 (5/2- und 5/3-Wegeventile)	durch Buchstaben ¹⁾
Druckluftanschluss	1	P
Arbeitsanschlüsse	2	B
	4	A
		C
Entlüftungen	3	S
	5	R
		T
Steueranschlüsse (Signal)	10 ²⁾	Z ²⁾
	12	Y
	14	Z
Steuerluft-Anschlüsse (Energieversorgung)	81 (12)	
	81 (14)	
Vorsteuerentlüftungen	83 (82)	
	83 (84)	
Leckanschlüsse		L

1) noch häufig in der Praxis angetroffen

2) löscht das Ausgangssignal

Einsatzbedingungen für Antriebe

Medium

Pneumatische Antriebe von Festo können unter normalen Einsatzbedingungen sowohl mit geölter als auch mit ungeölter, getrockneter Druckluft betrieben werden. Sollte in besonderen Fällen eine abweichende Druckluftqualität erforderlich

lich sein, so ist dies aus den technischen Daten des jeweiligen Produktes ersichtlich. Der ölfreie Betrieb wird durch die Wahl der verwendeten Werkstoffe und Werkstoffpaarungen, die geometrische Gestaltung der dynamischen Dich-

tungen sowie die ab Werk versehene Grundschnierung ermöglicht. Bei folgenden Einsatzbedingungen ist ein ölfreier Betrieb nicht möglich:

- Wurden die Antriebe einmal mit geölter Druckluft betrieben, ist unbedingt zu beachten, dass für den weiteren Einsatz stets geölte Druckluft erforderlich ist, da eine Zusatzölung die Grundschnierung auswäscht.

Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Pneumatische Antriebe dienen zur Umsetzung von Druck- in Bewegungsenergie, wobei Kräfte übertragen und weitergeleitet werden. Die Verwendung als Feder- oder Dämp-

fungselement zählt nicht zum bestimmungsgemäßen Gebrauch; dabei treten zusätzliche Belastungen auf.

Frequenz

Werden Pneumatische Antriebe mit maximal möglicher Geschwindigkeit betrieben, sind zwischen den Hubbewegungen Pausenzeiten zu

berücksichtigen. Für ungeölte Betriebe ist für die maximale Frequenz eine mittlere Geschwindigkeit von 1 m/s zugrunde zu legen.

Einbaulage

Die Einbaulage ist bei Antrieben von Festo grundsätzlich beliebig. Sind Einschränkungen oder besondere Vorkehrungen notwendig, so ist dies aus den technischen Daten des jeweiligen Produktes ersichtlich.

Betriebsdruck

Angabe in Verbindung mit „max.“ oder „max. zulässig“ gibt an, bis zu welchem Maximaldruck ein Antrieb oder System sicher betrieben werden kann.

Betriebsdruckbereich

Dies ist der Bereich zwischen dem niedrigsten erforderlichen und dem höchsten zulässigen Betriebsdruck für den sicheren Betrieb eines Ele-

mentes oder Systems. Dieser Druckbereich wird in der Pneumatik auch als Arbeitsdruckbereich bezeichnet.

Nutzkraft bei einwirkenden Zylindern

Für die effektive Nutzkraft der Zylinder muss die zulässige Abweichung der Federkräfte nach DIN 2095 Gütegrad 2 berücksichtigt

werden. Zusätzlich wird die Nutzkraft um den Betrag der Reibkräfte reduziert. Die Reibung ist von der Einbaulage

und der Belastungsart abhängig. Querkräfte erhöhen die Reibung. Die Reibkraft muss kleiner als die Federrückzugskraft sein. Einfachwir-

kende Zylinder sind möglichst ohne Querkräfte zu betreiben.

Zulässige Hubabweichungen bei Normzylindern

Nach ISO 15552 (entspricht den zurückgezogenen Normen ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24562,

NF E 49003.1, UNI 10290), ISO 6432 und ISO 21287 kann die Hublänge durch die Fertigungstoleranzen von

der angegebenen Hublänge abweichen. Es sind immer Plus-toleranzen. Die genauen zulässigen Abweichun-

gen entnehmen Sie der Tabelle.

Norm	Kolben-Ø [mm]	Hublänge [mm]	Zulässige Hubabweichung [mm]
ISO 6432	8, 10, 12, 16, 20, 25	0 ... 500	+1,5
ISO 15552	32	0 ... 500	+2
	40, 50	500 ... 12 500	+3,2
	63	0 ... 500	+2
	80, 100	500 ... 12 500	+4
	125, 160	0 ... 500	+4
ISO 21287	200, 250, 320	500 ... 2 000	+5
	20, 25	0 ... 500	+1,5
	32, 40, 50	0 ... 500	+2
	63, 80, 100	0 ... 500	+2,5

Hinweis

Bei größeren, als in der Tabelle angegebenen Hublängen, sind die Toleranzen zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.

Berührungslose Positionserkennung

Bei Pneumatischen Antrieben von Festo mit berührungsloser Positionserkennung befindet sich ein Permanentmagnet auf dem Zylinderkolben, über dessen Magnetfeld Näherungsschalter berührungslos betätigt werden. Mit Näherungsschal-

tern lassen sich die Endlagen oder Zwischenstellungen des Zylinders abfragen. An einem Zylinder können ein oder mehrere Näherungsschalter festgeklemmt werden, direkt oder mit Befestigungsbausätzen.



Kolbendurchmesser



Mit diesem Pictogramm wird der Kolben-Ø angegeben. In Maß-tabelle steht für Kolben-Ø nur Ø.

Druck-Kraft-Tabelle

Kolbenkraft [N]								
Ø	Betriebsdruck [bar]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5
3,5	0,9	1,7	3,8	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9
5,35	2	4	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2
6	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4
8	4,5	9	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4
16	18,1	36,5	54,3	72,4	90,5	109	127	145
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579
40	113	226	339	452	565	679	792	905
50	177	353	530	707	884	1 060	1 240	1 410
63	281	561	842	1 120	1 400	1 680	1 960	2 240
80	452	905	1 360	1 810	2 260	2 710	3 170	3 620
100	707	1 410	2 120	2 830	3 530	4 240	4 950	5 650
125	1 100	2 210	3 310	4 420	5 520	6 630	7 730	8 840
160	1 810	3 620	5 430	7 240	9 050	10 900	12 700	14 500
200	2 830	5 650	8 480	11 300	14 100	17 000	19 800	22 600
250	4 420	8 840	13 300	17 700	22 100	26 500	30 900	35 300
320	7 240	14 500	21 700	29 000	36 200	43 400	50 700	57 900

Kolbenkraft [N]							
Ø	Betriebsdruck [bar]						
	9	10	11	12	13	14	15
2,5	4	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6
3,5	7,8	8,7	9,5	10,4	11,3	12,1	13
5,35	18,2	20,2	22,2	24,3	26,3	28,3	30,3
6	22,9	25,4	28	30,5	33,1	35,6	38,2
8	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3	67,9
10	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99	106
12	91,6	101	112	122	132	143	153
16	163	181	199	217	235	253	271
20	254	283	311	339	368	396	424
25	398	442	486	530	574	619	663
32	651	724	796	869	941	1 010	1 090
40	1 020	1 130	1 240	1 360	1 470	1 580	1 700
50	1 590	1 770	1 940	2 120	2 300	2 470	2 650
63	2 520	2 810	3 090	3 370	3 650	3 930	4 210
80	4 070	4 520	4 980	5 430	5 880	6 330	6 790
100	6 360	7 070	7 780	8 480	9 190	9 900	10 600
125	9 940	11 000	12 100	13 300	14 400	15 500	16 600
160	16 300	18 100	19 900	21 700	23 500	25 300	27 100
200	25 400	28 300	31 100	33 900	36 800	39 600	42 400
250	39 800	44 200	48 600	53 000	57 400	61 900	66 300
320	65 100	72 400	79 600	86 900	94 100	101 000	109 000

Die Kolbenkraft F kann nach folgenden Formeln aus der Kolbenfläche A, dem Betriebsdruck p und der Reibung R ermittelt werden:

Kolbenkraft (Enddruck)

$$F = p \cdot A - R$$

$$F = p \cdot 10 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} - R$$

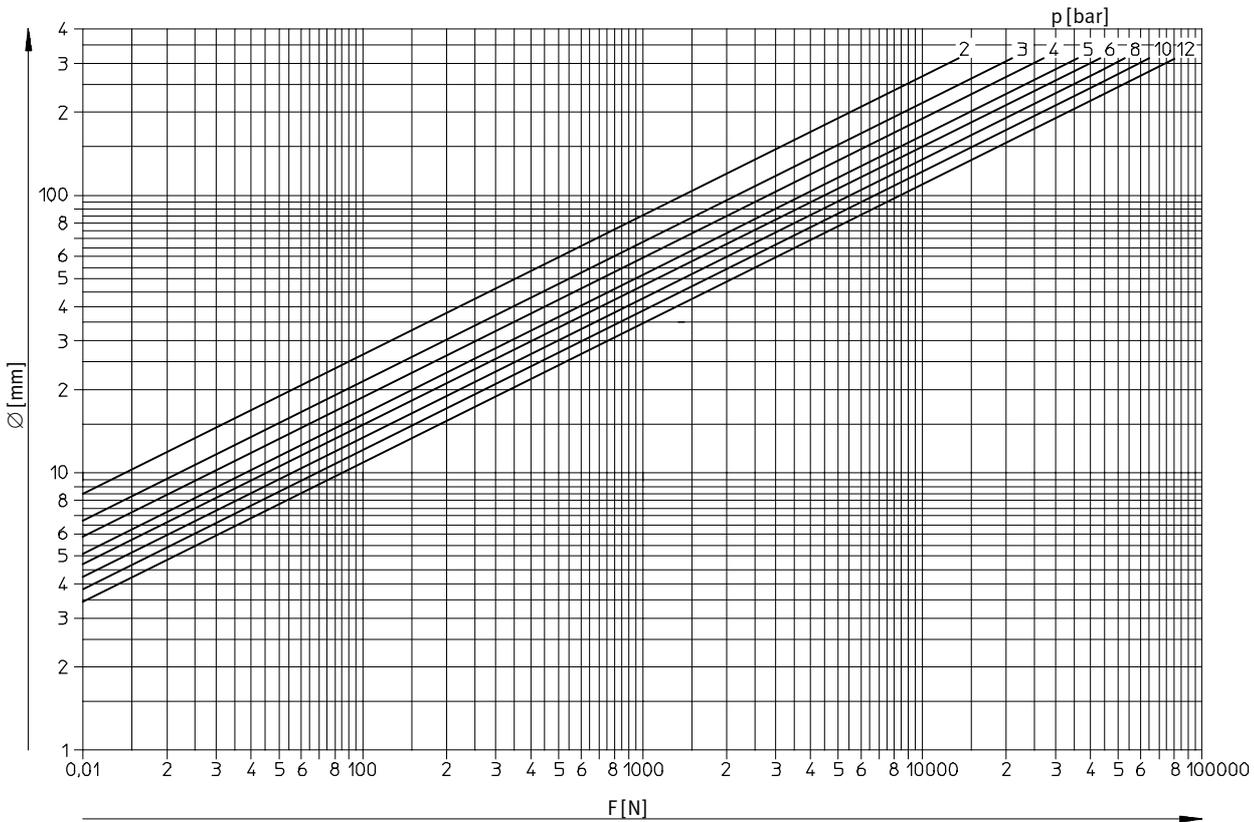
- p = Betriebsdruck [bar]
- d = Kolben-Ø [cm]
- R = Reibung ~10% [N]
- A = Kolbenfläche [cm²]
- F = effektive Kolbenkraft [N]

Softwaretool ProPneue zur Dimensionierung finden Sie auf der DVD und auf www.festo.com

Druck-Kraft-Diagramm

Betriebsdruck p in Abhängigkeit vom Kolben-Ø und der Kraft F

Die Reibungskraft ist mit ca. 10% berücksichtigt



Gegeben:
 Belastung 800 N
 Verfügbarer Netzdruck 6 bar

Gesucht:
 Erforderlicher Kolben-Ø
 Einstellender Betriebsdruck

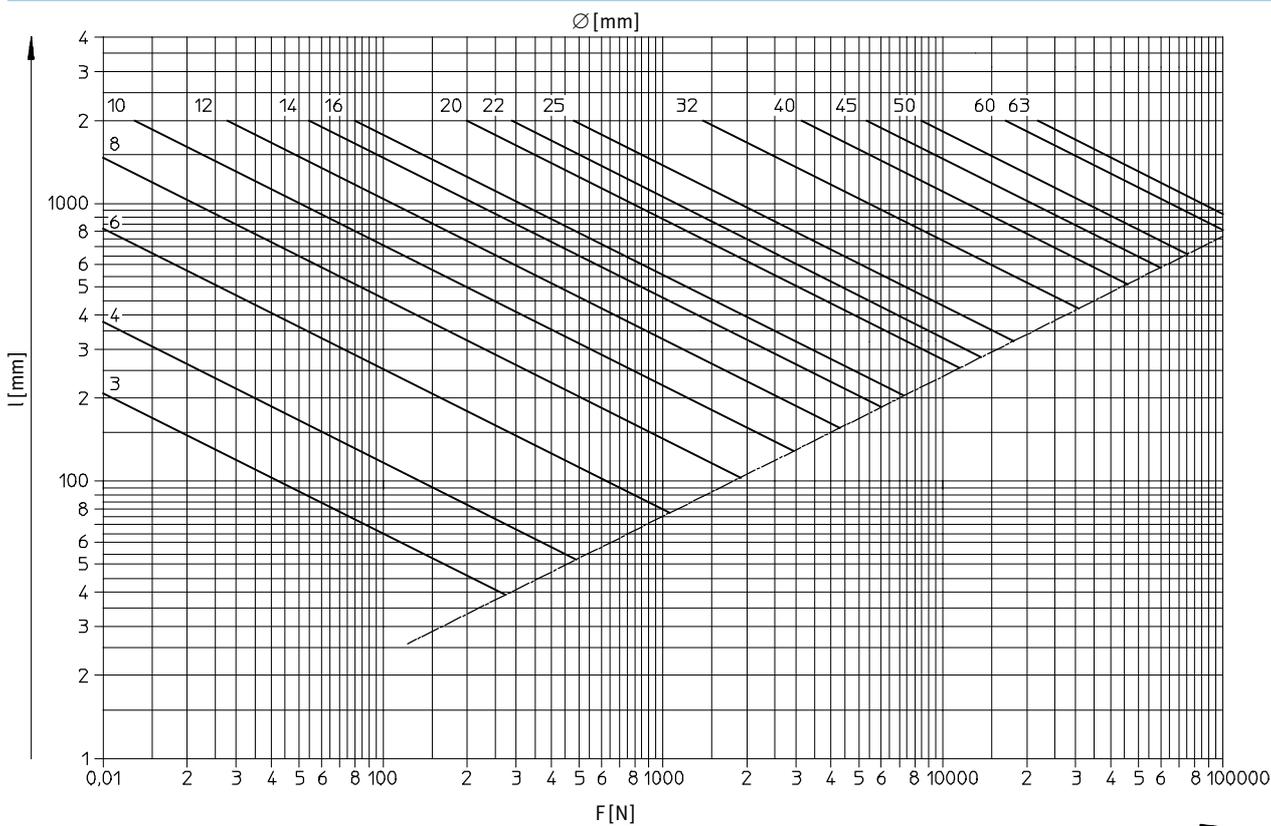
Vorgehensweise:
 Von F = 800 N senkrecht nach oben bis zum Schnitt mit der 6-bar-Linie. Der nächstgrößere lieferbare Kolben-Ø von 50 mm liegt zwischen den Linien für 4 und 5 bar, also einzustellender Betriebsdruck ca. 4,5 bar.

Für die Auswahl von Pneumatischen Antrieben sind in erster Linie die zu überwindenden Kräfte und Wege bestimmend. Die Kolbenkraft wird zu einem geringen Prozentsatz für die Überwindung der Reibung verbraucht, der Rest für die Belastung. Es können nur Richtwerte wiedergegeben werden, da die Reibungskraft

von sehr vielen Faktoren abhängig ist (Schmierung, Betriebsdruck, Gegendruck, Dichtungsform usw.). Der Gegendruck erzeugt eine in Gegenrichtung wirkende Kraft, welche die Nutzkraft zum Teil aufhebt und besonders bei Abluftdrosselung oder durch Stau im Abluftanschluss auftritt.

Knickbelastungs-Diagramm

Kolbenstangen-Ø in Abhängigkeit von der Hublänge l und der Kraft F



Gegeben:
 Belastung 800 N
 Hublänge 500 mm
 Kolben-Ø 50 mm

Gesucht:
 Kolbenstangen-Ø
 Zylindertyp: Normzylinder

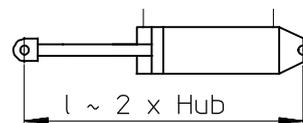
Vorgehensweise:
 Von F = 800 N senkrecht nach oben bis zum Schnitt mit der Waagerechten durch l = 500 mm. Nächstgrößter Kolbenstangen-Ø im Diagramm: 16 mm. Normzylinder DNC-50-500 mit einem Kolbenstangen-Ø von 20 mm ist für diese Hublänge geeignet.

Die zulässige Belastung der Kolbenstange ist bei großen Hublängen durch die Knickbeanspruchung geringer, als sich durch den maximal zulässigen Betriebsdruck und die Kolbenfläche ergibt. Die Belastung darf gewisse Höchstwerte nicht überschreiten. Diese sind abhängig von Hublänge und Kolbenstangen-Ø.

Das Diagramm zeigt diese Abhängigkeit nach der Formel:

$$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2 \cdot S}$$

- F_K = zulässige Knickkraft [N]
- E = Elastizitätsmodul [N/mm²]
- J = Trägheitsmoment [cm⁴]
- l = Knicklänge
= 2x Hublänge [cm]
- S = Sicherheit (gewählt: 5)



Hinweis
 Die für diese Beanspruchungsform ungünstigste Befestigungsart ist die Schwenkbefestigung. Bei anderen Befestigungen ist die zulässige Belastung größer.

Luftverbrauch

Auslegungssoftware Air Consumption

Die Auslegungssoftware "Air Consumption" ermittelt den Luftverbrauch eines Zylinders (Richtwert) unter Berücksichtigung folgender Bedingungen:

- Funktionsweise des Zylinders
- Kolben-Ø
- Anzahl der Zyklen
- Hublänge
- Betriebsdruck

Dieses Tool finden Sie online unter Support im Bereich Auslegungssoftware.

Berechnung mit Hilfe der Auslegungssoftware

Gegeben:

- Zylinder: DNC-32-500
- Kolben-Ø: 32 mm
- Kolbenstangen-Ø: 12 mm
- Hublänge: 500 mm
- Betriebsdruck: 6 bar
- Anzahl Zyklen pro Minute: 60 1/min

Gesucht:

Luftverbrauch

Ergebnis:

Nach Eingabe der Parameter ergeben sich folgende Werte für den Luftverbrauch:
 pro Zyklus: 5,23 l
 pro Minute: 314,03 l



Berechnung mit Hilfe der Formel

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot h \cdot (p + 1) \cdot 10^{-6}$$

Q = Luftverbrauch pro cm Hub
[l]

d1 = Kolben-Ø [mm]

d2 = Stangen-Ø [mm]

h = Hub [mm]

p = Betriebsdruck, relativ [bar]

Vorhub:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (32\text{mm})^2 \cdot 500\text{mm} \cdot (6\text{bar} + 1\text{bar}) \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 2,815\text{l}$$

Rückhub:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot ((32\text{mm})^2 - (12\text{mm})^2) \cdot 500\text{mm} \cdot (6\text{bar} + 1\text{bar}) \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 2,419\text{l}$$

Luftverbrauch pro Zyklus:

$$Q = 2,815\text{l} + 2,419\text{l} = 5,234\text{l}$$

Pneumatik und Explosionsschutz – Die Richtlinie 94/9/EG (ATEX)

Was bedeutet ATEX?

Im Bereich der chemischen und petrochemischen Industrie kann es aufgrund verfahrenstechnischer Abläufe immer wieder zum Auftreten explosionsfähiger Atmosphären

kommen. Sie werden z. B. durch austretende Gase, Dämpfe oder Nebel hervorgerufen. Auch in Mühlen, Silos, Zucker- und Futtermittelfabriken muss mit dem Auftreten von

explosionsfähigen Atmosphären durch Staub-Sauerstoff-Gemische gerechnet werden. Daher unterliegen elektrische und seit dem 01.07.2003 auch nichtelektrische

Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen einer besonderen Richtlinie, der Richtlinie 94/9/EG.

ATEX - Die Richtlinie 94/9/EG

ATEX steht für „Atmosphère explosive“.

- Die **Richtlinie 94/9/EG** enthält die grundlegenden Sicherheitsanforderungen für Geräte und Schutzsysteme, die in explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt werden sollen und eigene Zündquellen aufweisen.
- Sie gilt für das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen in den Europäischen Wirtschaftsraum und innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes.
- Sie betrifft sowohl elektrische als auch nichtelektrische Geräte, wenn sie eine eigene potentielle Zündquelle aufweisen.

Verantwortung auf beiden Seiten

Wird eine Anlage für Ex-Schutz-Bereiche hergestellt, müssen Anlagenbauer und Komponenten-Lieferanten eng zusammen arbeiten, damit Kategorie und Ex-Schutzzone richtig gewählt sind.

Explosionsschutzdokument vom Anlagenbauer	Festo/Gerätelieferant
Beurteilung der Anlage Richtlinie 99/92/EG	Beurteilung der Geräte Richtlinie 94/9/EG
	
Ergebnis:	Ergebnis:
<ul style="list-style-type: none"> • Zoneneinteilung • Temperaturklassen • Explosionsgruppen • Umgebungstemperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerätekategorien • Temperaturklassen • Explosionsgruppen • Umgebungstemperatur
Zone	Kategorie

Ex-Schutzklassen					
Zone Gas	Zone Staub	Häufigkeit	Gerätegruppe	Geräteategorie	Einsatzgebiet
–	–	–	I	M	Mine (Bergbau)
				M1	
				M2	
			II	–	Alle nicht Bergbauanwendungsgebiete
0	–	Ständig, häufig, langfristig	II	1G	Gase, Nebel, Dämpfe
–	20		II	1D	Stäube
1	–	Gelegentlich	II	2G	Gase, Nebel, Dämpfe
–	21		II	2D	Stäube
2	–	Selten, kurzer Zeitraum im Fehlerfall	II	3G	Gase, Nebel, Dämpfe
–	22		II	3D	Stäube

Pneumatik und Explosionsschutz – Die Richtlinie 94/9/EG (ATEX)

ATEX bei Festo?

→ www.festo.com/de/ex

Zulassungspflichtige Produkte

Zulassungspflichtige Produkte sind diejenigen, die eine eigene potentielle Zündgefahr besitzen. Sie werden mit der CE-Kennzeichnung und dem Explosionsschutz-Hexagon versehen, eine Betriebsanleitung und die EG-Konformitätserklärung sind bereitgestellt.



Nicht zulassungspflichtige Produkte

Nicht zulassungspflichtig sind Produkte, die keine eigenen potentiellen Zündquellen aufweisen. Unter Beachtung unserer Hersteller-Angaben können diese Produkte in bestimmten Ex-Zonen eingesetzt werden:

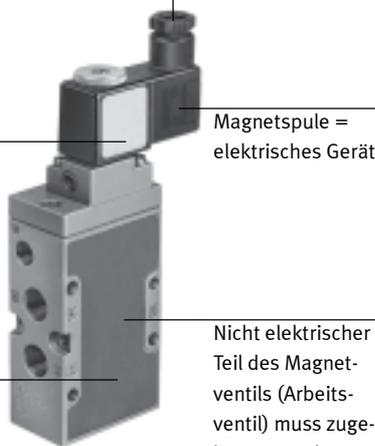
- Pneumatisches Zubehör
- Schläuche
- Verschraubungen
- Pneumatische Anschlussplatten
- Strom- und Sperrventile
- Nicht elektrische Wartungsgeräte
- Mechanisches Zubehör.

Das Produktprogramm von Festo für den Ex-Schutz umfasst Produkte für die Gerätegruppe II



Nach der Richtlinie 94/9/EG sind bei Ventilen sowohl Magnetspule als auch das Arbeitsventil zulassungspflichtig. Bei Festo erhalten beide ein getrenntes Typenschild, so dass Sie auf einen Blick erkennen können, wo das Ventil eingesetzt werden darf.

Wichtig: Das Gerät mit der schwächsten Gerätekategorie bestimmt die Kategorie der Baugruppe.



In diesem Beispiel ergibt sich für die Baugruppe: II 3G T4

Hinweis

Die zulässigen technischen Katalogdaten der genannten Geräte sowie die Warn- und Sicherheitshinweise in der bereitgestellten Spezialdokumentation (auch Kurz- Bedienungsanleitung; ggf. Gerätebrief) müssen beachtet werden.

EG-Richtlinien/Zulassungen

EG-Richtlinien (CE-Zeichen)



Festo AG & Co. KG hält prinzipiell die geltenden Regelwerke ein. Alle Informationen basieren auf dem heutigen Wissensstand und unterliegen Änderungen. Wir verfolgen aufmerksam die Änderungen/Erweiterungen dieser Regelwerke und werden die Produkte dementsprechend ausführen.

Damit ist gewährleistet, dass Produkte der Festo AG & Co. KG immer den geltenden Anforderungen entsprechen.

Die meisten pneumatischen Produkte unterliegen keiner EG-Richtlinie und dürfen folglich nicht mit der CE-Kennzeichnung versehen werden. Produkte des Verkaufsprogrammes der Festo AG & Co. KG, die mit der CE-Kennzeichnung versehen sind, unterliegen - Stand heute - in Europa einer oder mehrerer der folgenden sechs EG-Richtlinien.

1. EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

Pneumatikprodukte der Festo AG & Co. KG werden entsprechend den Normen für pneumatische Anlagen nach ISO 4414 sowie EN 983 "Sicherheitstechnische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile-Pneumatik" konzipiert. Unsere Pneumatikprodukte fallen nicht in den Anwendungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie.

Sie sind deshalb auch nicht mit der CE-Kennzeichnung nach Maschinenrichtlinie zu versehen. Ausnahmen bilden Sicherheitsbauteile. Seit 29.12.2009 fallen auch unvollständige Maschinen unter den Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie. Dies sind z.B. Handhabungssysteme, die zum Einbau in Maschinen gedacht sind. Unvollständige Maschinen werden nicht mit der CE-Kennzeichnung versehen. Statt einer Konformitätserklärung wird eine Einbauerklärung zur Verfügung gestellt.

2. EG-Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit (2004/108/EG) einschließlich Änderungsrichtlinien.

Die Richtlinie ist bei unseren elektronischen und elektronisch-pneumatischen Produkten anzuwenden. Das heißt, entsprechende Produkte sind seit 01.01.1996 CE-gekennzeichnet und die entsprechende Konformitätserklärung steht zur Verfügung. Dies bedeutet für Sie, dass diese Geräte mit den grundlegenden Anforderungen in Industriegebieten übereinstimmen und dies gewährleisten. Es besteht eine Nutzungsbeschränkung der Geräte in Wohngebieten, sofern keine weiteren Maßnahmen getroffen sind, die eine Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie für Wohngebiete gewährleisten!

Nicht betroffen von der EMV-Richtlinie sind Magnetspulen.

3. EG-Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG) einschließlich Änderungsrichtlinien.

Seit 01.01.1997 sind elektrische und elektronische Produkte von Festo, welche bestimmungsgemäß zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (50 ... 1 000 V AC und 75 ... 1 500 V DC) gedacht sind, mit der CE-Kennzeichnung zu versehen. Die entsprechenden Konformitätserklärungen stehen zur Verfügung.

4. EG-Richtlinie Einfache Druckbehälter (2009/105/EG), einschließlich Änderungsrichtlinien.

Anwendungspflicht seit 30.06.1991. Die von der Festo AG & Co. KG angebotenen einfachen Druckbehälter aus unlegiertem Qualitätsstahl entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Ab einem bestimmten Volumen sind diese Druckluftspeicher CE-kennzeichnungspflichtig.

Diese Produkte sind CE-gekennzeichnet. Die Konformitätserklärung ist verfügbar.

5. EG-Richtlinie Druckgeräte (97/23/EG), einschließlich Änderungsrichtlinien.

Anwendungspflicht seit 29. 05. 2002. Die von der Festo AG & Co. KG angebotenen Druckgeräte entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Ab einem bestimmten Druck-Volumen-Produkt bzw. Druck-Durchmesser-Produkt sind diese CE-kennzeichnungspflichtig.

Diese Produkte sind CE-gekennzeichnet. Die Konformitätserklärung ist verfügbar.

Druckbehälter aus Edelstahl unterliegen nicht der Richtlinie für einfache Druckbehälter sondern der Druckgeräte Richtlinie.

6. EG-Richtlinie für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - ATEX (94/9/EG).

Anwendungspflicht seit 01.07.2003. Die von der Festo AG & Co. KG angebotenen Produkte, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen sind und eigene potentielle Zündgefahren besitzen, entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Produkte, die unter diese Richtlinie fallen, sind entsprechend mit der CE-Kennzeichnung versehen und entsprechend der Richtlinie gekennzeichnet. Die jeweilige Konformitätserklärung sowie die Betriebsanleitung stehen zur Verfügung.

Produktkennzeichnungen	
	siehe oben
	Nach EU-Richtlinie 94/9/EG (ATEX) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeter Atmosphäre.
	UL Zertifizierung für den Einsatz in Canada und USA. Recognized Product, das zum Einbau gedacht ist z.B. MPA Ventilinsel.
	UL Zertifizierung für den Einsatz in Canada und USA. Listed Product, ist ein verwendungsfertiges Gerät, z.B. Endschalter mit Kabel und Stecker.
	CSA Zertifizierung für Canada und USA.

HACCP – Design – Reinraumtauglichkeit

Lebensmittelverträglichkeit nach HACCP



CDVI

Der HACCP Standard (HACCP = Hazard Analysis Critical Control Points) beschreibt ein Verfahren zur Erkennung, Beurteilung und Verhinderung von Risiken und Gefahren. Der Schwerpunkt liegt auf biologischen, chemischen und physikalischen Risiken im Herstellungsprozess. Der HACCP Standard ist auch Bestandteil der EG-Richtlinie zur Lebensmittelhygiene (93/43/EWG).

Designpreise



product design award



reddot

Regelmäßig stehen Festo Produkte auf dem Siegertreppchen namhafter Designwettbewerbe. Design ist nicht nur "gefällig und hübsch", sondern unterstreicht und symbolisiert den technologischen Vorsprung und den langjährigen Wert der Festo Produkte.

Reinraumtauglichkeit

→ www.festo.com/de/reinraum



Qualifizierungszertifikat
Certificate of qualification

Kostengünstige Serie für den Reinraum der Klasse 7

Bei Festo ersetzt kostengünstige Standard Pneumatik aufwendige Sonderkonstruktionen, denn der definierte Qualitätsbegriff trifft auf nahezu sämtliche Serien-Produkte zu. Sie können in einem Reinraum der ISO Klasse 14644-1 Klasse 7 eingesetzt werden.

Seriennahe Produkte für Reinraum bis Klasse 4

Härtere Anforderungen und dennoch eine optimale Kosten-Nutzen-Relation. Klasse 4 heißt bei Festo ebenfalls Standard-Produkt - mit einer Einschränkung: nicht auf Lager. Dennoch sind sie innerhalb kürzester Zeit bei Ihnen.

Individualität nach Maß

Soll es bis Klasse 1 gehen, werden die Produkte nach Ihren speziellen Anforderungen gefertigt - und sind anschließend immer wieder verfügbar, da Festo diese anwendungsoptimierten Lösungen in die seriennahe Produktion einreicht.

Sicherheit bei höchsten Anforderungen

Um die hohen Anforderungen an Reinraum-Produkte erfüllen zu können, arbeitet Festo mit dem Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und der renommierten Polytechnischen Hochschule Nanyang in Singapur zusammen. Ein extra dafür geschaffenes Competence Center für Cleanroom Technology bei Festo Singapur bietet die notwendige Infrastruktur zur Produktion von Reinraum-Pneumatik.



IPA-Qualifizierungszertifikat
Certificate of qualification

Lackbenetzungsstörende Substanzen und Medienbeständigkeit

LABS-freie Produkte

	LA	B	S
Lack			
benetzungsstörende			
Substanzen			

LABS sind Substanzen, die beim Lackieren von Oberflächen Krater (punktuelle, trichterförmige Vertiefungen) in der Lackschicht verursachen. Silikone, fluorhaltige Stoffe, bestimmte Öle und Fette können

derartige Substanzen enthalten. Elemente, die in der Automobilindustrie und speziell in Lackieranlagen zum Einsatz kommen müssen LABS-frei sein. Da die LABS-Haltigkeit von Stoffen und Elementen nicht per Augen-

schein ermittelt werden kann, wurde von Volkswagen die Prüfnorm PV 3.10.7 entwickelt. Alle Produkte von Festo und die darin verwendeten Schmierstoffe werden dieser Prüfung unterzogen.

Der Standard für Produkte von Festo ist LABS-frei. Bei einigen Produkten muss aus funktionalen und anderen Gründen jedoch LABS-haltiges Fett verwendet werden.

Als LABS-frei gelten

- Einzelteile und Baugruppen, bei deren Anfertigung weder LABS-haltige Elemente im Werkstoff noch LABS-haltige Betriebsstoffe noch LABS-haltige Hilfsstoffe verwendet werden. Prüfungen im Zuge des Bemusterungsverfahrens sowie Stichproben-Prüfungen im Wareneingang durch Extraktion dürfen keine Lackbenetzungsstörungen verursachen.
- Flüssige oder pastöse Hilfsstoffe (z. B. Schmierfette), die entsprechend der Prüfung durch Auftragen keine Lackbenetzungsstörungen verursachen.
- Produkte, die aus LABS-freien Teilen bestehen und die LABS-freie Schmierstoffe enthalten.

Medienbeständigkeitsdatenbank

➔ www.festo.com/medienbestaendigkeit

Es ist bekannt, dass die Beständigkeit von Werkstoffen von vielen Parametern wie Konzentration des Kontaktmediums, Temperatur, Druck, Dauer des Kontaktes, Hubgeschwindigkeit und Schaltfrequenz, Oberflächengüte bei Reibpartnern, Strömungsgeschwindigkeit und Beanspruchung sowie Alterung abhängt. Dies gilt insbesondere für die Verträglichkeit von Elastomeren mit speziellen chemischen Verbindungen. Die Beständigkeitsdatenbank von Festo soll Ihnen den geeigneten Werkstoff und seine Beständigkeit gegenüber chemischen Substanzen anzeigen. Die darin enthaltenen Angaben basieren auf Laborversuchen von Rohstoffherstellern, Werkstoff-

tabellen von Halbzug- und Dichtungslieferanten, sowie Erfahrungen aus der Praxis. Die Auswertung der Informationen und die Erstellung der Tabellen erfolgte nach bestem Wissen. Trotz aller Sorgfalt soll der Inhalt dieser Datenbank nur als Richtlinie verstanden werden, um Ihnen eine Orientierungshilfe für die Praxis zu bieten. An dieser Stelle sei deshalb ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Empfehlungen in dieser Beständigkeitsdatenbank weder garantiert werden können, noch ein Garantieanspruch davon abgeleitet werden kann. Wenn möglich, unter allen Umständen jedoch in Zweifelsfällen, ist es ratsam, einen Praxistest mit dem gewünschten Produkt unter Original-Einsatzbedingungen durchzuführen.



Schutzarten nach IEC/EN 60529

Schutz von elektrischen Betriebsmitteln

Der Begriff „IP-Schutzart“ (International Protection) ist durch IEC/EN 60529 „Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)“ und DIN 40050 „IP-Schutzarten“ (Norm für die elektrische Ausrüstung von Straßenfahrzeugen) definiert. Die Normen beschreiben die Einteilung von Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel mit Bemessungsspannungen nicht über 72,5 kV. Sie legen Folgendes fest:

- Schutz von Personen gegen Berühren unter Spannung stehender oder sich bewegender Teile innerhalb der Gehäuse (Berührungsschutz).
- Schutz des Betriebsmittels innerhalb des Gehäuses gegen Eindringen von festen Fremdkörpern, einschließlich Staub (Fremdkörperschutz).
- Schutz des Betriebsmittels innerhalb des Gehäuses gegen schädliche Einwirkung durch das Eindringen von Wasser (Wasserschutz).

Der IP-Code nach IEC/EN 60529

Die Schutzart durch ein Gehäuse wird anhand genormter Prüfverfahren nachgewiesen. Zur Klassifizierung dieser Schutzart wird der IP-Code verwendet.

Dieser setzt sich aus den beiden Buchstaben IP und einer zweistelligen Kennziffer zusammen. Die Definition der beiden Ziffern erläutert die nachfolgende Tabelle → 20.

Bedeutung der Kennziffer 1:

Die Kennziffer 1 bewertet zum einen den Schutz von Personen. Sie gibt an, in welchem Grad Personen vor dem Berühren gefährlicher Teile durch das Gehäuse abgehalten werden. Das Gehäuse verhindert oder begrenzt demnach ein Eindringen von Körperteilen oder von Gegenständen, die von einer Person gehalten werden. Zum anderen gibt die Kennziffer 1 an, inwieweit das Betriebsmittel vor dem Eindringen von festen Fremdkörpern geschützt ist.

Bedeutung der Kennziffer 2:

Die Kennziffer 2 bezieht sich auf den Schutz des Betriebsmittels. Sie bewertet die Schutzart des Gehäuses im Hinblick auf schädliche Einflüsse auf das Betriebsmittel auf Grund des Eindringens von Wasser in das Gehäuse.

Hinweis

Üblicherweise werden in der Nahrungsmittelindustrie Bauteile mit der IP-Schutzart 65 (staubdicht und strahlwassergeschützt) oder IP67 (staubdicht und sicher bei zeitweiligem Untertauchen) eingesetzt. Der Einsatz von IP65 oder IP67 ist von der speziellen Anwendung abhängig, da für beide recht unterschiedliche Testkriterien gelten. IP67 ist nicht unbedingt besser als IP65. Ein Bauteil, das IP67-Kriterien erfüllt, genügt daher nicht automatisch auch den Kriterien für IP65.

Schutzarten nach IEC/EN 60529

IP-Code

IP 6 5

Code-Buchstaben

IP	International Protection
----	--------------------------

Kennziffer 1	Kurzbeschreibung	Definition
0	Nicht geschützt	–
1	Geschützt gegen feste Fremdkörper, 50 mm und größer	Die Objektsonde, eine Kugel mit 50 mm Durchmesser, darf nicht voll eindringen.
2	Geschützt gegen feste Fremdkörper, 12,5 mm und größer	Die Objektsonde, eine Kugel mit 12,5 mm Durchmesser, darf nicht voll eindringen.
3	Geschützt gegen feste Fremdkörper, 2,5 mm und größer	Die Objektsonde, eine Kugel mit 2,5 mm Durchmesser, darf überhaupt nicht eindringen.
4	Geschützt gegen feste Fremdkörper, 1,0 mm und größer	Die Objektsonde, eine Kugel mit 1 mm Durchmesser, darf überhaupt nicht eindringen.
5	Staubgeschützt	Das Eindringen von Staub wird nicht vollständig verhindert. Der Staub darf nicht in einer solchen Menge eindringen, dass das zufrieden stellende Arbeiten des Gerätes oder die Sicherheit beeinträchtigt wird.
6	Staubdicht	Kein Eindringen von Staub

Kennziffer 2	Kurzbeschreibung	Definition
0	Nicht geschützt	–
1	Geschützt gegen Tropfwasser	Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädliche Wirkung haben.
2	Geschützt gegen Tropfwasser	Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädliche Wirkung haben, wenn das Gehäuse bis zu 15° beidseitig der Senkrechten geneigt ist.
3	Geschützt gegen Sprühwasser	Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beidseitig der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
4	Geschützt gegen Spritzwasser	Wasser, das aus jeder Richtung gegen das Gehäuse gespritzt wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
5	Geschützt gegen Strahlwasser	Wasser, das aus jeder Richtung als Strahl gegen das Gehäuse gerichtet ist, darf keine schädliche Wirkung haben.
6	Geschützt gegen starkes Strahlwasser	Wasser, das aus jeder Richtung als starker Strahl gegen das Gehäuse gerichtet ist, darf keine schädliche Wirkung haben.
7	Geschützt gegen die Wirkung beim zeitweiligen Untertauchen in Wasser	Wasser darf nicht in einer Menge eindringen, die schädliche Wirkung verursacht, wenn das Gehäuse unter genormten Druck- und Zeitbedingungen zeitweilig in Wasser untergetaucht ist.
8	Geschützt gegen die Wirkung beim dauernden Untertauchen in Wasser	Wasser darf nicht in einer Menge eindringen, die schädliche Wirkung verursacht, wenn das Gehäuse dauernd unter Wasser getaucht ist. Die Bedingungen müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden. Die Bedingungen jedoch müssen schwieriger sein als Ziffer 7.
9K	Geschützt gegen Wasser bei Hochdruck- und Dampfstrahlreinigung	Wasser, das aus jeder Richtung unter stark erhöhtem Druck gegen das Gehäuse gerichtet ist, darf keine schädliche Wirkung haben.

Funktionserde – Schutzerde – PELV

Konzepte zur Sicherstellung des Schutzes gegen elektrischen Schlag nach IEC 60364-4-41/VDE 0100 Teil 410

Definitionen

Mit dem Schutz gegen elektrischen Schlag ist der Schutz gegen indirektes und direktes Berühren gemeint.

Unter dem Schutz gegen direktes Berühren ist zu verstehen, dass im Normalbetrieb nicht isolierte spannungsführende Teile (aktive Teile) gegen ungewolltes Berühren gesichert werden.

Unter dem Schutz gegen indirektes Berühren ist zu verstehen, dass im Fall eines Isolationsfehlers zwischen aktiven Teilen und Körpern bzw. Gehäusen keine unzulässig hohen Berührungsspannungen auftreten können bzw. diese umgehend abgeschaltet werden.

Die drei bekanntesten und meist verbreiteten Konzepte zur Sicherstellung des Schutzes gegen elektrischen Schlag werden in der Fachliteratur und Normenwerk auch mit Schutzklasse I bis III bezeichnet.

Schutzklasse I – Schutzleiter

Bei elektrischen Betriebsmitteln der Schutzklasse I wird der Schutz gegen direktes Berühren durch die Basisisolierung sichergestellt. Der Schutz gegen indirektes Berühren erfolgt durch die umgehende Abschaltung der Fehlerspannung.

Diese Abschaltung wird durch die Kontaktierung des Schutzleiters am Gehäuse des Betriebsmittels mit der Schutzerde sichergestellt. Kommt es in dem Betriebsmittel zu einem Isolationsfehler, so fließt der

Fehlerstrom über das Schutzleitersystem gegen Erdpotential ab und löst so das vorgeschaltete Sicherungselement (z. B. Fehlerstromschutzschalter bzw. Leitungsschutzschalter) aus.

Geräte der Schutzklasse I sind Leuchten, Weißgeräte (Waschmaschinen, Trockner usw.) und Industriemaschinen. Kennzeichnung:



Schutzklasse II – Schutzisolierung

Bei Geräten der Schutzklasse II beruht der Schutz gegen direktes und indirektes Berühren auf der verbesserten Gehäuseisolierung. Die Gehäuseisolierung ist verstärkt bzw.

doppelt ausgeführt, sodass es weder im Fehlerfall noch im Betriebsfall möglich ist, mit unzulässig hohen Berührungsspannungen in Kontakt zu kommen.

Geräte der Schutzklasse II dürfen nicht mit dem Schutzleitersystem verbunden werden, daher fehlt diesen Geräten auch der Schutzkontakt am Stecker.

Geräte der Schutzklasse II sind z.B. HiFi-Komponenten, Elektrowerkzeuge, Haushaltsgeräte und mit dem folgenden Symbol gekennzeichnet:



Schutzklasse III – Schutzkleinspannung SELV (Safety Extra Low Voltage)

Bei Geräten der Schutzklasse III wird der Schutz gegen direktes und indirektes Berühren sowohl durch eine ausreichend hohe IP-Schutzart

(Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile) sowie die elektrische Versorgung der Komponente durch Funktionskleinspannung mit sicherer

Trennung – PELV „Protective Extra Low Voltage“ (Schutz gegen indirektes Berühren im Fehlerfall) sichergestellt.

Geräte der Schutzklasse III sind häufig (keine Pflichtkennzeichnung) mit dem folgenden Symbol gekennzeichnet:



Funktionserde – Schutzerde – PELV

Schutzmaßnahme speziell bei Elementen von Festo

Schutzklasse III

Nach heutigem Kenntnisstand sind alle mit 24 V DC versorgten Ventilinseln (z.B. CPV, MPA), Positionierkontroller (z.B. SPC) Sensoren (Näherungsschalter, Druckschalter, Drucksensoren) und Proportionalventile von Festo als Geräte der Schutzklasse III einzuordnen.

Das heißt: der Schutz gegen direktes und indirektes Berühren erfolgt bei den 24 V DC-Komponenten von Festo sowohl durch eine ausreichend hohe IP-Schutzart sowie die elektrische Versorgung der Komponente durch Schutzkleinspannung: PELV „Protective Extra Low Voltage“.

Durch die Verwendung einer PELV-Versorgung wird sichergestellt, dass es aufgrund der hohen Durchschlagsfestigkeit (4 kV) von der Primär- auf die Sekundärseite zu keinen unzulässig hohen Berührungsspannungen im Fehlerfall kommen kann.

Der Erdungsanschluss hat somit nicht die Funktion der Schutzerde, sondern die Funktion der Funktionserde FE (Ableitung von elektromagnetischen Störungen) und muss auf jeden Fall kontaktiert werden.



Warum verwendet Festo die Schutzklasse III?

Aufgrund der zunehmend kompakteren Bauformen moderner Automatisierungskomponenten ist die Schutzmaßnahme I hinsichtlich des Bauvolumens nicht mehr die opti-

male Lösung, weil Mindestabstände bei den Luft- und Kriechstrecken durch die Normen vorgegeben werden und somit eine weitere Volumenminimierung der Komponenten

nicht möglich ist. Aufgrund dieser Tatsache ist heute die Schutzmaßnahme III (kein Schutzleiter, der Schutz gegen elektrischen Schlag erfolgt durch

Schutzkleinspannung) bei modernen Automatisierungskomponenten Stand der Technik.

Was hat der Kunde bei der Installation von Geräten der Schutzklasse III zu beachten?

Zur elektrischen Versorgung der Geräte dürfen nur PELV-Stromkreise nach IEC/EN 60204-1 verwendet werden. Die allgemeinen Anforderungen an PELV-Stromkreise gemäß der IEC/EN 60204-1 müssen berücksichtigt werden. Stromquellen sind

zulässig, wenn sie eine sichere elektrische Trennung der Betriebsspannung nach IEC/EN 60204-1 gewährleisten. Die Erdungsanschlüsse an den Komponenten, sofern vorhanden, dienen der Ableitung von elektromagneti-

schen Störungen, dem Potentialausgleich und somit zur Sicherstellung der Funktion. Sie sind niederohmig (kurze Leitungen mit großem Querschnitt) mit dem Erdpotential zu verbinden.

Funkenlöschung

Funkenlöschung bei Schaltkontakten in Stromkreisen mit Magnetspulen

Durch die Induktivität der Magnetspulen wird in eingeschaltetem Zustand des Stromkreises elektromagnetische Energie gespeichert, die beim Abschalten abgebaut wird. Je

nach Art des verwendeten Schalters wird diese Energie entweder in eine Spannungsspitze (Abschaltüberspannung) umgeformt, die zu Durchschlägen in der Isolierung führen

kann, oder sie wirkt sich in einem Lichtbogen aus, der Kontaktabbrand (Materialwanderung) verursachen kann. Durch Verwendung verschiedenartiger Bauelemente können

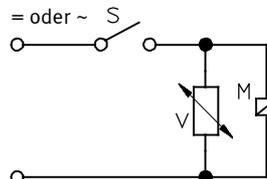
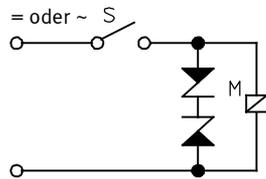
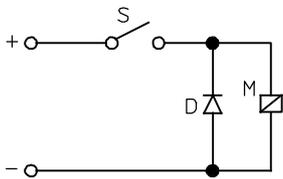
diese Erscheinungen vermieden werden, indem die elektromagnetische Energie langsam und stetig abgebaut wird.

Elektronische Lichtbogen-Löschmittel

Wenn in Gleichstromkreisen die Polarität eindeutig festliegt, kann eine einfache Diode angewendet werden, die parallel zur Spule geschaltet wird. Zu berücksichtigen ist dabei eine wesentliche Vergrößerung der Ausschaltzeit der Magnetspule.

Besser geeignet sind zwei gegenseitig gepolte und parallel zur Spule geschaltete Zenerdioden, die bei Gleich- und Wechselstrom eingesetzt werden können. Die Ausschaltverzögerung wird vermieden, jedoch müssen bei Spannungen über 150 V mehrere Zenerdioden in Reihe geschaltet werden.

Ideale Elemente zur Dämpfung der Abschaltüberspannung sind Varistoren, deren Verluststrom erst bei Überschreitung der Nennspannung ansteigt. Sie sind für Gleich- und Wechselstrom geeignet.



100% Einschaltdauer ED

Innerhalb der DIN VDE 0580 umfasst die 100% ED-Prüfung lediglich den elektrischen Teil der Magnetspule. Diese Prüfung wird bei Festo um den

pneumatischen Teil erweitert. Bei dieser Prüfung wird der Worst-Case-Fall abgeprüft. Diese Prüfung stellt eine Funktionsprüfung des Ma-

gneten dar. Wird der Magnet auch auf Ventilinseln eingesetzt, so wird die 100% ED-Prüfung am Einzelgerät und an Geräten in Blockmontage

durchgeführt.

Bedingungen

- Die Magnete werden mit der maximal zulässigen Spannung betrieben (Dauerbetrieb S1 nach DIN VDE 0580).
- Die Magnete befinden sich bei maximal zulässiger Umgebungstemperatur im Temperaturschrank (keine Konvektion).
- Die Magnete werden bei verschlossenen Arbeitsanschlüssen mit dem maximal zulässigen Betriebsdruck beaufschlagt.

Durchführung

- Die Magnete werden bei den oben genannten Bedingungen mindestens 72 h betrieben. Nach Ablauf dieser Zeit werden folgende Prüfungen durchgeführt:
- Abfallstrommessung: Abfallverhalten bei Stromlosschaltung.
 - Anzugsverhalten bei unmittelbar nachfolgender Bestromung mit der minimalen Betriebsspannung und mit dem für den Ankeranzug ungünstigsten Druckverhältnissen.

Abbruchkriterium

- Leckagemessungen.
- Nach Aufnahme der Ergebnisse wiederholt sich dieser Vorgang, bis die Prüflinge eine Gesamteinschaltdauer von mindestens 1 000 h erreicht haben oder ein Abbruchkriterium erfüllt ist.
- Nach Ende der 100% ED-Prüfung werden die Dichtnippel optisch auf Beschädigungen überprüft.

- Das Abfallverhalten, Anzugsverhalten oder die Leckage über- bzw. unterschreitet folgende Grenzwerte.
- Abfallstrom: > 1,0 mA
 - Anzugsspannung: > UN+10%
 - Leckage: > 10 l/h