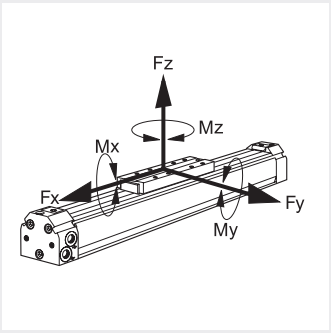
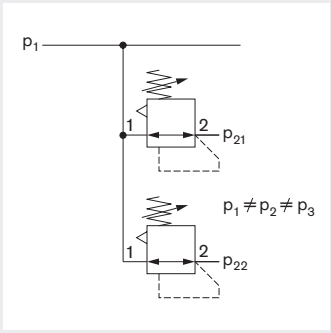
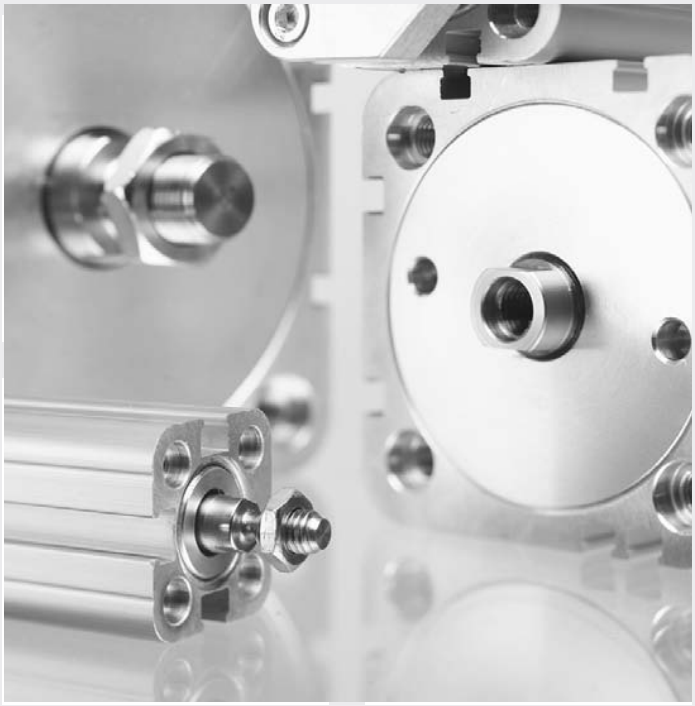
AVENTICS

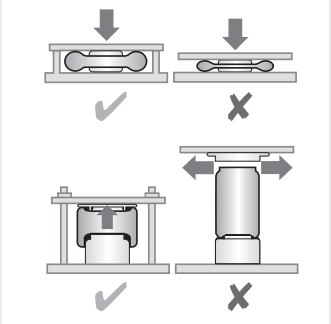
TECHNISCHE INFORMATIONEN

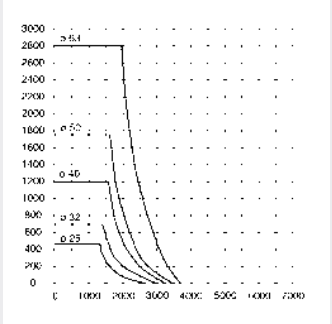
Ergänzungen zum Pneumatik-Katalog



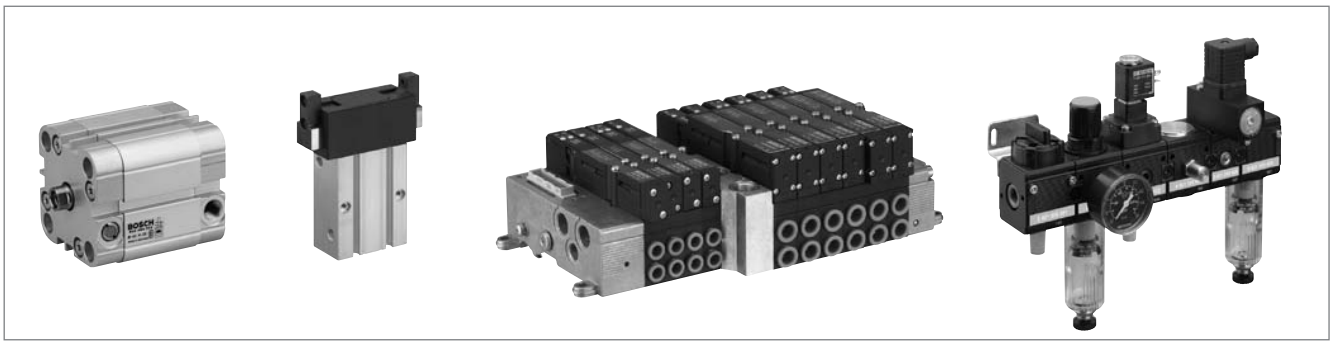








Inhaltsverzeichnis



I	Allgemeine Betriebshinweise	5
II	Pneumatische Antriebe	15
III	Stoßdämpfer	65
IV	Sensorik	75
V	Greif- und Vakuumtechnik	95
VI	Ventile	131
VII	Ventilsysteme	153
VIII	Aufbereitung von Druckluft	169
IX	Pneumatische Verbindungstechnik	225
X	Feldbus-Anbindungen	239

I Allgemeine Betriebshinweise

1	**Lagerung und Transport**	**6**
2	**Druckluftqualität**	**6**
3	**Druck und Druckbereiche**	**6**
3.2	Betriebsdruckbereich	7
3.3	Steuerdruckbereich	7
4	**Anschlussgewinde**	**7**
5	**IP-Schutzarten**	**8**
6	**Lebensdauer von Pneumatikprodukten**	**9**
6.1	Lebensdauertests und deren Auswertung	9
6.2	Lebensdauerkennwerte	10
6.2.1	B10-Wert	10
6.2.2	$B10_d$-Wert	10
6.2.3	Lebensdauerkennwert T nach ISO 19973	10
6.3	Normen	10
6.3.1	Norm ISO 19973	10
6.3.2	EN ISO 13849	11
7	**Symbole**	**11**
8	**Branchenspezifische Anforderungen**	**11**
8.1	LABS-frei	11
9	**Geltende Richtlinien**	**12**
9.1	EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)	12
9.2	EG-Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit (2004/108/EG)	12
9.3	EG-Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG)	12
9.4	EG-Richtlinie Einfache Druckbehälter (2009/105/EG)	12
9.5	EG-Richtlinie Druckgeräte (97/23/EG)	12
9.6	EG-Richtlinie „ATEX“ (94/9/EG)	12
9.7	RoHS und WEEE	13
10	**REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006**	**14**
11	**Allgemeine Anwendungs- und Sicherheitshinweise**	**14**

1 Lagerung und Transport

Bauteile der Pneumatik haben typischerweise Dichtungen aus Elastomer. Diese unterliegen einem Alterungsprozess, d. h. Geräte, die länger als 2 Jahre gelagert wurden, haben nicht mehr die volle Lebensdauererwartung.

Die Alterung kann durch Wärme und Lichteinfall (UV-Einstrahlung) beschleunigt werden.

2 Druckluftqualität

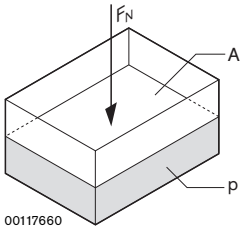
In der ISO 8573-1 werden verschiedene Reinheitsklassen beschrieben.

Für die Pneumatik ist darauf zu achten, dass folgende Verunreinigungen bestimmte zulässige Werte nicht überschreiten.

- Maximale Teilchengröße und -dichte von festen Verunreinigungen
- Wassergehalt
- Max. empfohlene Werte des Gesamtölgehalt beim Betrieb mit geölter und ungeölter Druckluft sind zu beachten

3 Druck und Druckbereiche

$$p = \frac{F_N}{A}$$



Die physikalische Größe Druck p ist der Quotient aus der Normalkraft F_N, die auf eine Fläche A wirkt.

In der Technik werden verschiedene Druckgrößen benutzt, überwiegend die Differenz zweier Drücke, die im Sprachgebrauch ebenfalls Druck genannt wird.

Um Missverständnisse zu vermeiden, empfiehlt die DIN 1314 folgende Benennungen:

- **Absoluter Druck**
  Absolutdruck p_{abs}
  p_{abs} ist der Druck gegenüber dem Druck Null im leeren Raum.

$$\Delta p = p_{1,2} = p_1 - p_2$$

- **Druckdifferenz Δp**
  Differenzdruck $\Delta p_{1,2}$
  Die Differenz zweier Drücke p_1 und p_2 wird Druckdifferenz Δp

- oder, wenn sie selbst die Messgröße ist, Differenzdruck $p_{1,2}$ genannt.

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

- Atmosphärische Druckdifferenz, Überdruck p_e
  Die Differenz zwischen einem absoluten Druck p_{abs} und dem jeweiligen (absoluten) Atmosphärendruck p_{amb} ist die atmosphärische Druckdifferenz p_e, sie wird Überdruck genannt.

  Angaben im Katalog sind, wenn nicht anders vermerkt, als Überdruck p_e angegeben.

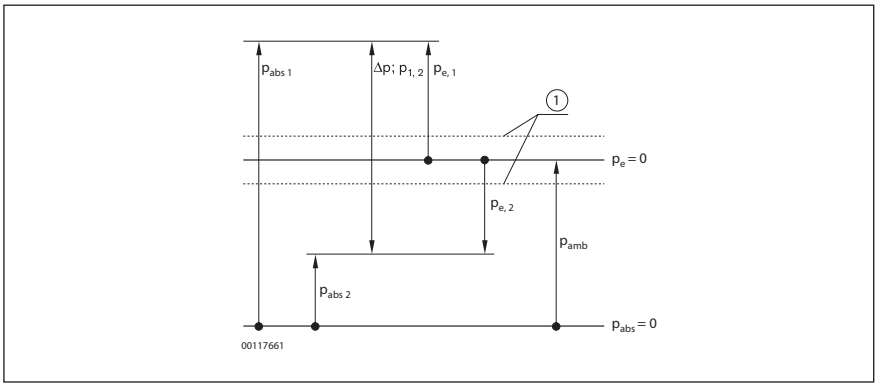


Abb. 1 Atmosphärische Druckdifferenz

1 Atmosphärische Druckschwankung

3.2 Betriebsdruckbereich

Bereich zwischen den Grenzwerten des Drucks, in dem eine Anlage oder eine Teilanlage unter Beharrungszustandsbedingungen betrieben werden kann.

3.3 Steuerdruckbereich

Bereich zwischen niedrigstem erforderlichem und maximal zulässigem Steuerdruck für die einwandfreie Funktion eines Gerätes oder Systems.

4 Anschlussgewinde

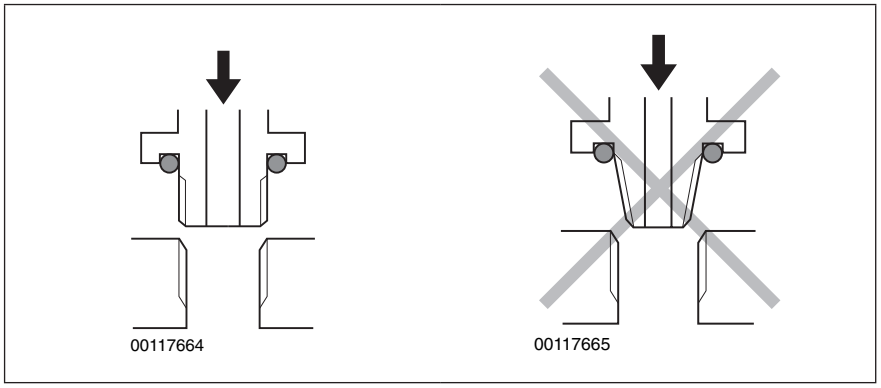


Abb. 2 Zylindrisches Anschlussgewinde

Als Rohrverbindung zum Anschließen der Geräte dürfen nur Verschraubungen mit zylindrischem Gewinde und axialer Dichtung verwendet werden. Konische Gewinde können zur Beschädigung der Geräte und damit zu einem vorzeitigem Ausfall führen.

Pneumatikgeräte von AVENTICS erfüllen in Bezug auf Einschraubtiefe und Dichtfläche mindestens die ISO 16030.

5 IP-Schutzarten

Die angegebenen IP-Werte aus unserem Produktkatalog Pneumatik beziehen sich nur auf die von uns geprüften Stecker.

Die Einteilung von Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel ist in der DIN EN 60529 bzw. in der identischen IEC 60529 beschrieben.

Code					Beschreibung
IP	2	3	C	H	Code-Buchstaben (International Protection)
IP	**2**	3	C	H	Erste Kennziffer (Ziffern 0 bis 6 oder Buchstabe X)*
IP	2	**3**	C	H	Zweite Kennziffer (Ziffern 0 bis 8 oder Buchstabe X)*
IP	2	3	**C**	H	Zusätzlicher Buchstabe (fakultativ; Buchstaben A, B, C, D)**
IP	2	3	C	**H**	Ergänzender Buchstabe (fakultativ; Buchstaben H, M, S, W)**

Tab. 1 Anordnung des IP-Codes

* Wo eine Kennziffer nicht angegeben werden muss, ist sie durch den Buchstaben „X" zu ersetzen („XX", falls beide Ziffern weggelassen sind).
**Zusätzliche Buchstaben und/oder ergänzende Buchstaben dürfen weggelassen werden. Wenn mehr als ein ergänzender Buchstabe verwendet wird, ist die alphabetische Reihenfolge anzuwenden.

Bestandteil	Code IP	Bedeutung für den Schutz des Betriebmittels Gegen Eindringen von festen Fremdkörpern	Bedeutung für den Schutz von Personen Gegen Zugang zu gefährlichen Teilen
Erste Kennziffer	0	(nicht geschützt)	(nicht geschützt)
	1	≥ 50,0 mm Ø	Handrücken
	2	≥ 12,5 mm Ø	Finger
	3	≥ 2,5 mm Ø	Werkzeug
	4	≥ 1,0 mm Ø	Draht
	5	staubgeschützt	Draht
	6	staubdicht	Draht
Zweite Kennziffer		**Gegen Eindringen von Wasser mit schädlichen Wirkungen**	
	0	(nicht geschützt)	
	1	senkrechtes Tropfen	
	2	Tropfen (15° Neigung)	
	3	Sprühwasser	
	4	Spritzwasser	
	5	Strahlwasser	
	6	starkes Strahlwasser	
	7	zeitweiliges Untertauchen	
	8	dauerndes Untertauchen	
Zusätzlicher Buchstabe (fakultativ)			**Gegen Zugang zu gefährlichen Teilen mit**
	A		Handrücken
	B		Finger
	C		Werkzeug
	D		Draht
Ergänzender Buchstabe (fakultativ)		**Ergänzende Informationen speziell für**	
	H	Hochspannungsgeräte	
	M	Bewegung während Wasserprüfung	
	S	Stillstand während Wasserprüfung	
	W	Wetterbedingungen	

Tab. 2 IP-Schutzartenschlüssel

6 Lebensdauer von Pneumatikprodukten

Für Angaben zur Lebensdauer von Pneumatikprodukten werden Lebensdauerkennwerte in Lebensdauertests ermittelt. Die Werte dienen der Produktqualitätssicherung und können als Planungsgrundlage zur Auslegung von Anlagen und Maschinen, sicherheitsrelevanten Steuerungen, Wartungsintervallen und präventiver Instandhaltungsmaßnahmen verwendet werden.

Bei Ventilen wird die Lebensdauer auf die Anzahl von Schaltspielen bezogen. Bei Antrieben kann die Lebensdauer in Anzahl von Hüben oder auch als vom Kolben zurückgelegter Weg in Kilometern definiert werden.

Produkte mit Komponenten aus Kunststoff und Dichtungsmaterialien weisen unter den üblichen Anwendungsbedingungen für den industriellen Einsatz für Pneumatikkomponenten eine hohe Lebensdauer auf. Bedingt durch zusätzliche Belastungen auf die Produkte, wie durch direkte Sonneneinstrahlung, überproportionale Wärmewechselbelastungen, chemischen Angriff durch aggressive Schmier- und Korrosionsschutzmittel, Lacke, Lösungsmittel, Ozon und Weiteres, kann es zu vorzeitigen Alterungs- und Versprödungsprozessen kommen, die die Funktionsfähigkeit der Produkte einschränken und ggf. außer Kraft setzen können. Aus diesem Grund empfehlen wir, das jeweilig eingesetzte Produkt einmal jährlich einer optischen Prüfung zu unterziehen und ggf. bei Bedarf eine Leckageüberprüfung durchzuführen. Sollten Sie hierzu Fragen haben, wenden Sie sich bitte an unsere Fachberater bzw. rufen Sie unser für Sie zuständiges Verkaufsbüro an.

Hinweis: Es gibt nicht nur **einen** Lebensdauerkennwert. Deshalb sollte in jedem Kundengespräch immer hinterfragt werden, um welchen Lebensdauerwert es sich handelt und welche Rahmenbedingungen und Einsatzbedingungen gelten.

6.1 Lebensdauertests und deren Auswertung

Mit Hilfe statistischer Methoden, z. B. der Weibull-Statistik, kann die Ausfallhäufigkeit bestimmt werden. Ein im Labor unter definierten Betriebsbedingungen ermittelter Kennwert liefert somit einen Erwartungswert für die Lebens- bzw. Funktionsdauer des getesteten Produkts unter den gewählten Bedingungen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass diese unter spezifischen Prüfbedingungen ermittelt wurden. Eine direkte Übertragung auf beliebige andere Einsatzbedingungen ist in der Regel nicht zulässig.

Betriebsdruck	**Umgebungstemperatur** **Druckluftqualität**	
p1 = 6,3 bar	Mediumstemperatur	T = ca. 23 °C
	Filterung	5 µ
	Drucktaupunkt	+3 °C
	Ölung	keine

Tab. 3 Allgemeine Prüfbedingungen

Dauertests werden mit einer bestimmten Mindestanzahl von Prüflingen durchgeführt, um eine solide statistische Auswertung auf Basis der Weibull-Verteilung zu ermöglichen. Jeder Prüfling wird solange getestet, bis dieser einen Totalausfall aufweist oder vorher definierte Grenzwerte überschritten werden. Dabei kann die Grundfunktion noch erhalten sein.

Die sich ergebenden Kennwerte sind dazu geeignet, eine Aussage über die Zuverlässigkeit der getesteten Komponenten zu treffen.

6.2 Lebensdauerkennwerte

6.2.1 B10-Wert

Die entscheidende Kenngröße für die Beurteilung der Zuverlässigkeit eines verschleißbehafteten Bauteils ist der sogenannte B10-Wert nach Norm ISO 19973. Dieser Wert steht für die Lebensdauer, bis zu der 10 % der Prüflinge ausgefallen sind. Der B10-Wert für 5/2- und 5/3-Wegeventile der Serice TC08 beträgt beispielsweise 20 Millionen Schaltzyklen.

6.2.2 $B10_d$-Wert

In der EN ISO 13849 wird als spezieller Zuverlässigkeitskennwert der $B10_d$-Wert gefordert (d für „dangerous"). Dieser Wert steht für die mittlere Anzahl von Zyklen, bis zu der 10 % der Bauteile gefährlich ausgefallen sind.

Für den Hersteller ist es jedoch nur sehr schwer abzuschätzen, welche Ausfallart welches Gefährdungspotential in einer ihm nicht bekannten Applikation besitzt.

Um diese Situation zu entschärfen, ist in der EN ISO 13849 als pragmatischer Ansatz festgelegt, dass nur jeder zweite Ausfall ein gefährlicher Ausfall ist. Damit kann man bei bekanntem B10-Wert den Wert für $B10_d$ mit $B10_d$ = 2 x B10 abschätzen.

6.2.3 Lebensdauerkennwert T nach ISO 19973

Der Lebensdauerkennwert T einer Lebensdaueranalyse nach ISO 19973 ist jene Zeitspanne, nach der ca. 63,2 % Einheiten ausgefallen sind. Dieser Kennwert ist eine Kenngröße der Weibull-Verteilung.

6.3 Normen

Folgende Normen regeln die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Maschinen und Komponenten.

6.3.1 Norm ISO 19973

Diese Norm wurde speziell für die Bewertung der Zuverlässigkeit von Pneumatikkomponenten entwickelt und beschreibt die Bedingungen und Methoden zur Durchführung der Lebensdauerversuche.

Aufbau ISO 19973

- Teil 1 Allgemeine Verfahren
- Teil 2 Ventile
- Teil 3 Zylinder mit Kolbenstange
- Teil 4 Druckregler

6.3.2 EN ISO 13849

Die EN ISO 13849 ist eine Norm, die sich auf die Sicherheit von Maschinen bezieht. Sie definiert technologieübergreifend (Mechanik, Pneumatik, Hydraulik, Elektrik/ Elektronik) Prinzipien der Gestaltung und Integration sicherheitsbezogener Teile von Steuerungen und deren Validierung.

Aufbau EN ISO 13849

- Teil 1 Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- Teil 2 Validierung

Der Hersteller von Bauteilen, die in sicherheitsrelevanten Teilen von Steuerungen eingesetzt werden sollen, ist aufgefordert, dem Anwender solide Zuverlässigkeitskennwerte zur Verfügung zu stellen. Mit diesen Daten (B10-, $B10_d$-Werte etc.) und weiteren zusätzlichen Informationen kann das Sicherheitsniveau (Performance Level PL) der Steuerung ermittelt werden.

7 Symbole

Graphische Symbole in der Pneumatik sollten der ISO 1219-1 entsprechen und Schaltpläne nach ISO 1219-2 erstellt werden. Die Kennzeichnung der Anschlüsse und Betätigungseinrichtungen von Steuerventilen und anderen Bauteilen ist in der ISO 11727 beschrieben.

8 Branchenspezifische Anforderungen

8.1 LABS-frei

Der Begriff LABS (lackbenetzungsstörende Substanzen) ist hauptsächlich durch die Automobilindustrie geprägt. Hierbei geht es darum zu vermeiden, dass sich Substanzen negativ auf die Haftung und Qualität von Lackierungen auswirken. Ursache hierfür ist meist das Auftreten von Substanzen mit niedriger Oberflächenspannung bei dem noch nicht gehärteten Lackfilm. Hierzu zählen vor allem Silikone, Polytetrafluorethylen (Teflon®) und Tenside. Genauso können sich auch Bestandteile von Ölen und Fetten lackbenetzungsstörend auswirken. Dieses zeigt sich durch Krater und Rissbildung im getrockneten Lack.

Um den Anforderungen für diesen Bereich gerecht zu werden, hat AVENTICS eine eigene Arbeitsanweisung erstellt, die sich grundsätzlich an diversen Werksstandards der Automobilindustrie (branchenspezifische Anforderungen) sowie pneumatikspezifischen Erfahrungen orientiert.

Produkte, die im Online-Katalog mit „LABS-frei" gekennzeichnet sind, wurden entsprechend konstruiert und gefertigt (sie sind frei von lackbenetzungsstörenden Substanzen).

9 Geltende Richtlinien

9.1 EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)

Die von uns angebotenen Pneumatikbauteile und -baugruppen fallen nach Einschätzung von VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), Vertretern der DGUV (Deutsche gesetzliche Unfallversicherung) und der AVENTICS GmbH überwiegend nicht in den Anwendungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie. Sie sind dann nicht mit einer CE-Kennzeichnung zu versehen.

Ausnahmen bilden Sicherheitsbauteile. Diesen Produkten liegt eine Konformitätserklärung bei.

Grundsätzlich werden unsere Pneumatikprodukte entsprechend den anzuwendenden Normen für pneumatische Anlagen konzipiert (insbesondere EN ISO 4414 „Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile").

9.2 EG-Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit (2004/108/EG)

Die Richtlinie trifft auf unsere Pneumatikprodukte zu, soweit sie aktive Elektronikbauteile beinhalten. Diese Produkte tragen das CE-Kennzeichen und die zugehörigen Konformitätserklärungen stehen bei Bedarf zur Verfügung.

Nicht betroffen sind z. B. Magnetspulen für Ventile.

9.3 EG-Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG)

Die Richtlinie gilt für elektrische und elektronische Produkte, welche zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (50 V – 1000 V AC und 75 V – 1500 V DC) vorgesehen sind. Diese Produkte haben das CE-Kennzeichen zu tragen. Die entsprechenden Konformitätserklärungen stehen bei Bedarf zur Verfügung.

9.4 EG-Richtlinie Einfache Druckbehälter (2009/105/EG)

Die von uns angebotenen Druckbehälter entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Je nach Volumen und höchstzulässigem Druck sind sie mit CE zu kennzeichnen. Die Konformitätserklärungen sind den Produkten beigepackt.

9.5 EG-Richtlinie Druckgeräte (97/23/EG)

Unsere Druckbegrenzungsventile entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Diese Produkte sind mit CE gekennzeichnet. Die Konformitätserklärungen sind den Produkten beigepackt.

9.6 EG-Richtlinie „ATEX" (94/9/EG)

Diejenigen unserer Produkte, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (Gas und/oder Staub) vorgesehen sind, entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie. Derartige Produkte mit eigenen potenziellen Zündquellen sind entsprechend gekennzeichnet (CE- und ATEX-Kennzeichnung). Die Konformitätserklärung sowie die Bedienungsanleitung werden mitgeliefert.

9.7 RoHS und WEEE

Die EG-Richtlinie 2002/95/EG (RoHS, engl.: Restriction of (the use of certain) hazardous substances) zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten regelt die Verwendung von Gefahrstoffen in Geräten und Bauteilen sowie die jeweilige Umsetzung in nationales Recht.

Ziel der RoHS-Richtlinie ist, äußerst problematische Bestandteile aus Produkten zu verbannen, sowie das Vermeiden und Verringern von Elektro- und Elektronikabfällen.

Dabei spielen folgende Punkte eine wichtige Rolle:

- Bleifreie Verlötung elektronischer Bauteile
- Verbot von giftigen Flammhemmern bei der Herstellung von Kabeln
- Einführung entsprechender Ersatzprodukte verstärken
- Alle Bauteile und Komponenten müssen frei von den folgenden Stoffen sein: Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenylether (PBDE)

RoHS schreibt keine Kennzeichnung der RoHS-konformen Teile/Produkte vor.

In Deutschland trat am 16. März 2005 das Elektro- und Elektronikgerätegesetz in Kraft, das neben der RoHS auch die EU-Direktive WEEE (Reduktion und Entsorgung von Elektronikschrott) in deutsches Recht umsetzte.

Die WEEE-Richtlinie (engl.: Waste Electrical and Electronic Equipment) entspricht der EG-Richtlinie 2002/96/EG zur Reduktion der zunehmenden Menge an Elektronikschrott aus nicht mehr benutzten Elektro- und Elektronikgeräten.
Ziel der WEEE-Richtlinie ist das Vermeiden und Verringern von Elektro- und Elektronikabfällen sowie das umweltverträgliche Entsorgen der zunehmenden Mengen an Elektronikschrott durch eine erweiterte Herstellerverantwortung.

Die WEEE-Richtlinie definiert, welche Geräte(-Kategorien) unter die Richtlinien RoHS und WEEE fallen.

10 REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

REACH steht für **R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation and Restriction of **Ch**emicals, also für die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien. Als EU-Verordnung besitzt REACH gleichermaßen und unmittelbar in allen Mitgliedstaaten Gültigkeit.

Das REACH-System basiert auf dem Grundsatz der Eigenverantwortung der Industrie. Innerhalb des Geltungsbereichs dürfen nur noch chemische Stoffe in Verkehr gebracht werden, die vorher registriert worden sind. Jeder Hersteller oder Importeur, der Stoffe in den Verkehr bringen will, die unter die REACH-Verordnung fallen, muss für diese Stoffe eine eigene Registrierungsnummer besitzen.

Die REACH-Verordnung macht Hersteller und Importeure von Chemikalien dafür verantwortlich, Daten zu erstellen, mit denen die Gefahren und Risiken, die sich durch bestimmte Stoffe ergeben könnten, definiert werden müssen.

11 Allgemeine Anwendungs- und Sicherheitshinweise

Verwenden Sie die dargestellten AVENTICS Produkte ausschließlich im industriellen Bereich.

Lesen Sie die Produkt-Dokumentation gründlich und vollständig, bevor Sie das Produkt verwenden.

Beachten Sie die geltenden Vorschriften und Gesetze des jeweiligen Landes.

Bei Integration des Produkts in Applikationen beachten Sie die Angaben des Herstellers der Anlage zur sicheren Anwendung der Produkte.

Die angegebenen Daten dienen allein der Produktbeschreibung.

Eine Aussage über eine bestimmte Beschaffenheit oder eine Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden.

Die Angaben entbinden den Verwender nicht von eigenen Beurteilungen und Prüfungen.

Es ist zu beachten, dass die Produkte einem natürlichen Verschleiß- und Alterungsprozess unterliegen.

II Pneumatische Antriebe

1	**Einführung**	**17**
1.1	Zylinderantriebe	17
1.1.1	Einsatzbedingungen von Zylinderantrieben: Was ist zu beachten?	17
1.1.2	Medium	17
1.1.3	Geschwindigkeit	18
1.1.4	Kinetische Energie	18
1.1.5	Einbau und Befestigung	18
2	**Technische Grundlagen**	**19**
2.1	Luftverbrauch bei Zylinderantrieben	19
2.2	Dynamische Energie	21
2.3	Zylinder mit Kolbenstangen	22
2.3.1	Kräfte	22
2.3.2	Kräftetabelle	23
2.3.3	Dynamische Kräfte bei doppelt wirkenden Zylindern	24
2.3.4	Ermittlung des Kolbendurchmessers Ø AL	25
2.3.5	Zulässige seitliche Kräfte	25
2.4	Knickbelastungen	26
2.4.1	Knickkraft F_K nach Euler	26
2.4.2	Knickkraft F_K in Abhängigkeit vom Betriebsdruck p und Kolbendurchmesser Ø AL	28
3	**Produkte**	**29**
3.1	Produktspezifische Daten: Minizylinder	29
3.1.1	Serie MNI (ISO 6432)	29
3.1.2	Serie ICM	29
3.1.3	Serie OCT	29
3.1.4	Serie 131	29
3.1.5	Dämpfungsdiagramm für MNI und OCT	30
3.2	Produktspezifische Daten: Normzylinder, Serie PRA/TRB	31
3.2.1	Serie PRA	31
3.2.2	Serie TRB	31
3.2.3	Dämpfungsdiagramm für PRA/TRB	32
3.3	Produktspezifische Daten: kolbenstangenlose Zylinder, Schleifzylinder	33
3.3.1	Zylinder-Konfigurator	33
3.3.2	Serie RTC	33
3.3.3	Serie CKP	36
3.3.4	Zylinderbelastungen	36
3.4	Weitere Zylinderserien Führungszylinder/Doppelkolbenzylinder	39
3.4.1	Serie GPC, TWC	39
3.4.2	Serie MSC, MSN, ZSC	39
3.4.3	Zahnstangenantriebe und Greifer, Serie RCM, GSP	40
3.4.4	Zylinder-Ventil-Einheit CVI	40
3.5	Balgzylinder	41
3.5.1	Wozu dienen Balgzylinder?	42
3.5.2	Vorteile von Balgzylindern	42
3.5.3	Einbau und Anwendung	44

3.5.4 Diagramme und Auswahlparameter ... 46
3.5.5 Auswahlparameter für Balgzylinder als Luftfedern ... 49
3.5.6 Formelsammlung Balgzylinder ... 51
3.6 Drehantriebe ... 52
3.6.1 Zahnstangenantriebe ... 52
3.6.2 Drehflügelantriebe ... 52
3.6.3 Rundschalttische ... 52
3.6.4 Formelsammlung Drehantriebe ... 53

4 Anwendungen ... 55
4.1 Auslegung Zylinderantrieb ohne Kolbenstange am Beispiel des Schlitzzylinders RTC ... 55
4.2 Balgzylinder: Anwendungsbereiche Pneumatik ... 62
4.3 Balgzylinder: Anwendungsbereiche Schwingungsisolierung ... 63

1 Einführung

1.1 Zylinderantriebe

Das Spektrum der AVENTICS Zylinder reicht von extrem kompakt gebauten Zylindern für das Small Handling über groß dimensionierte Normzylinder für kraftvollste Aufgaben, Zylinder ohne Kolbenstange mit Führungsschlitten für lange Hübe bis hin zu ISO-Zylindern im Clean Design.

Folgende Zylinderarten bietet AVENTICS an:

- Mini- und Rundzylinder
- Kurzhub- und Kompaktzylinder
- Profil- und Zugankerzylinder
- Kolbenstangenlose Zylinder
- Spezialzylinder für Handhabungstechnik
- Zylinderzubehör und Zylinderbefestigungen

1.1.1 Einsatzbedingungen von Zylinderantrieben: Was ist zu beachten?

- AVENTICS Antriebe dienen dazu, die Energie der Druckluft in Bewegung und Kräfte umzuwandeln.
- Die Verwendung als Feder- oder Dämpfungselement zählt nicht zur bestimmungsgemäßen Verwendung; dabei treten zusätzliche Belastungen auf.
- Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört die Einhaltung der von AVENTICS vorgeschriebenen Betriebsbedingungen (z. B. Druck- und Temperaturbereich usw.).
- Eigenmächtige Umbauten und Veränderungen der Antriebe bedeuten ein Sicherheitsrisiko und sind deshalb nicht gestattet. Für daraus resultierende Schäden kann AVENTICS keine Haftung übernehmen.

1.1.2 Medium

- AVENTICS Antriebe sind bei bestimmungsgemäßer Verwendung für den ölfreien Betrieb mit Druckluft ausgelegt. Bei Einsatz von geölter Druckluft wird die Initialschmierung des Antriebs ausgewaschen. In diesem Fall ist für den weiteren Einsatz stets geölte Druckluft erforderlich, um die Grundschmierung des Antriebs zu gewährleisten.
- Angaben zu Druckluftqualität, Öl und Ölgehalt entnehmen Sie bitte Kapitel VIII „Aufbereitung von Druckluft".

1.1.3 Geschwindigkeit

Die maximal mögliche Geschwindigkeit bzw. die erzielbare Verfahrzeit hängt von anwendungsspezifischen Parametern ab: Einfluss haben Zylindergröße und -hub, die Endlagendämpfung, die Einbaulage, evtl. zu bewegende Massen und externe Zusatzkräfte sowie die Ansteuerung des Zylinders (Ventile und Schläuche).

Die Verfahrgeschwindigkeit eines Pneumatikzylinders wird durch die Luftmenge eingestellt. Dabei wird unterschieden, ob die hineinströmende Zuluft (Zuluftdrosselung) oder die herausströmende Abluft (Abluftdrosselung) gedrosselt wird.

1.1.4 Kinetische Energie

Überschreitet die kinetische Energie der bewegten Massen die maximal aufnehmbare Dämpfungsenergie des internen Anschlag-/Dämpfungssystems, so ist bei der Konstruktion ein zusätzlicher externer Anschlag oder ein hydraulischer Stoßdämpfer vorzusehen, welcher die restliche kinetische Energie absorbiert.

1.1.5 Einbau und Befestigung

AVENTICS Antriebe sind verzugs- und spannungsfrei zu befestigen.

2 Technische Grundlagen

2.1 Luftverbrauch bei Zylinderantrieben

Der Luftverbrauch bei Zylinderantrieben ist abhängig von:

- Betriebsdruck p
- Kolbendurchmesser Ø AL
- Kolbenstangendurchmesser Ø MM (nur bei Druckbeaufschlagung am Kolbenstangenanschluss)
- Hublänge S

$V_{AL} = V^*_{AL} \times S$

Bei Druckbeaufschlagung an der Zylinderbodenseite in Abhängigkeit vom Kolbenluftverbrauch V^*_{AL} pro mm Hub und Hublänge S

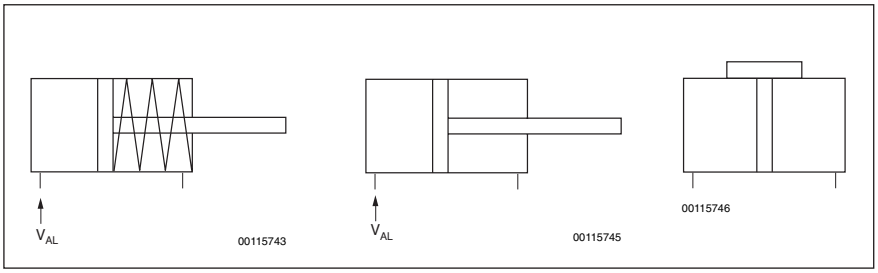


Abb. 1 Luftverbrauch V_{AL} an der Zylinderbodenseite

$V_{AL-MM} = (V^*_{AL} - V^*_{MM}) \times S$

Bei Druckbeaufschlagung an der Zylinderkopfseite in Abhängigkeit vom Kolben-/Kolbenstangen-Luftverbrauch V^*_{AL}/V^*_{MM} pro mm Hub und Hublänge S

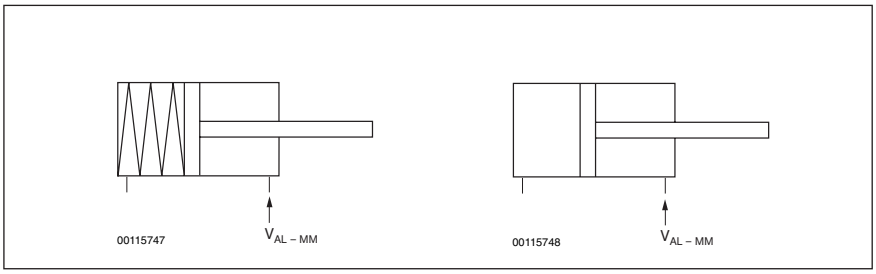
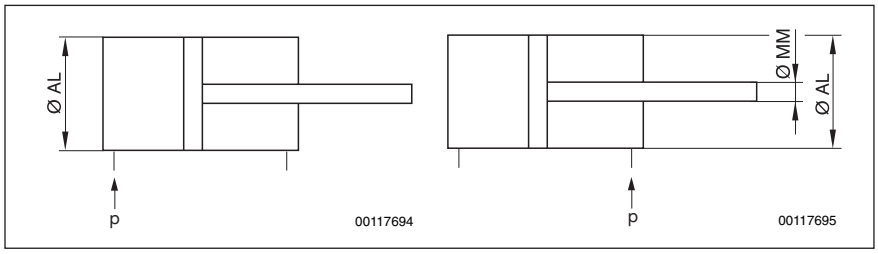


Abb. 2 Luftverbrauch V_{AL} – MM an der Zylinderkopfseite

V_{AL} = Luftverbrauch an der Zylinderbodenseite
V^*_{AL} = Luftverbrauch an der Zylinderbodenseite pro mm Hub
V_{AL-MM} = Luftverbrauch an der Zylinderkopfseite
V^*_{MM} = Luftverbrauch an der Zylinderkopfseite pro mm Hub
S = Hublänge
Ø AL = Kolbendurchmesser AL
Ø MM = Kolbenstangendurchmesser MM
p = Betriebsdruck

Luftverbrauchstabelle:

Luftverbrauch L pro mm Hub für Kolbendurchmesser Ø AL und Kolbenstangendurchmesser Ø MM in Abhängigkeit vom Betriebsdruck p [bar]



Ø AL / Ø MM	p [bar]									
[mm]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,000016	0,000024	0,000031	0,000039	0,000047	0,000055	0,000063	0,000071	0,000079	0,000086
2	0,000063	0,000094	0,000126	0,000157	0,000188	0,000220	0,000251	0,000283	0,000314	0,000346
2,5	0,000098	0,000147	0,000196	0,000245	0,000295	0,000344	0,000393	0,000442	0,000491	0,000540
3	0,000141	0,000212	0,000283	0,000353	0,000424	0,000495	0,000565	0,000636	0,000707	0,000778
3,5	0,000192	0,000289	0,000385	0,000481	0,000577	0,000673	0,000770	0,000866	0,000962	0,001058
4	0,000251	0,000377	0,000503	0,000628	0,000754	0,000880	0,001005	0,001131	0,001257	0,001382
5	0,000393	0,000589	0,000785	0,000982	0,001178	0,001374	0,001571	0,001767	0,001963	0,002160
6	0,000565	0,000848	0,001131	0,001414	0,001696	0,001979	0,002262	0,002545	0,002827	0,003110
8	0,001005	0,001508	0,002011	0,002513	0,003016	0,003519	0,004021	0,004524	0,005027	0,005529
10	0,001571	0,002356	0,003142	0,003927	0,004712	0,005498	0,006283	0,007069	0,007854	0,008639
12	0,002262	0,003393	0,004524	0,005655	0,006786	0,007917	0,009048	0,010179	0,011310	0,012441
16	0,004021	0,006032	0,008042	0,010053	0,012064	0,014074	0,016085	0,018096	0,020106	0,022117
20	0,006283	0,009425	0,012566	0,015708	0,018850	0,021991	0,025133	0,028274	0,031416	0,034558
25	0,009817	0,014726	0,019635	0,024544	0,029452	0,034361	0,039270	0,044179	0,049087	0,053996
32	0,016085	0,024127	0,032170	0,040212	0,048255	0,056297	0,064340	0,072382	0,080425	0,088467
40	0,025133	0,037699	0,050265	0,062832	0,075398	0,087965	0,100531	0,113097	0,125664	0,138230
50	0,039270	0,058905	0,078540	0,098175	0,117810	0,137445	0,157080	0,176715	0,196350	0,215984
63	0,062345	0,093517	0,124690	0,155862	0,187035	0,218207	0,249380	0,280552	0,311725	0,342897
80	0,100531	0,150796	0,201062	0,251327	0,301593	0,351858	0,402124	0,452389	0,502655	0,552920
100	0,157080	0,235619	0,314159	0,392699	0,471239	0,549779	0,628319	0,706858	0,785398	0,863938
125	0,245437	0,368155	0,490874	0,613592	0,736311	0,859029	0,981748	1,104466	1,227185	1,349903
160	0,402124	0,603186	0,804248	1,005310	1,206372	1,407434	1,608495	1,809557	2,010619	2,211681
200	0,628319	0,942478	1,256637	1,570796	1,884956	2,199115	2,513274	2,827433	3,141593	3,455752
250	0,981748	1,472622	1,963495	2,454369	2,945243	3,436117	3,926991	4,417865	4,908739	5,399612
320	1,608495	2,412743	3,216991	4,021239	4,825486	5,629734	6,433892	7,238229	8,042477	8,846725

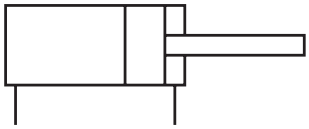
Tab. 1 Luftverbrauchstabelle

Hinweise

- Die Totvolumen von Zylinderboden/-kopf, Zuleitungen und Verschraubungen sind nicht berücksichtigt.
- Die Luftverbrauchsangaben beziehen sich auf die Normbedingungen „Entspannter Zustand" nach ISO 8778.

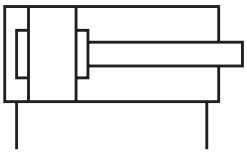
2.2 Dynamische Energie

Bei Zylindern gibt es mehrere Arten von Anschlag-/Dämpfungssystemen:



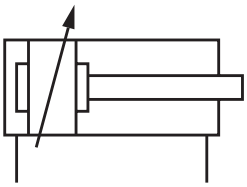
Fester Anschlag (Stoßbelastung)

Kann keine kinetische Energie aufnehmen.



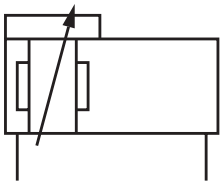
Elastischer Anschlag

Kann in geringem Maße kinetische Energie absorbieren.



Pneumatische Dämpfung (einstellbar)

Kann mittlere kinetische Energien aufnehmen.



Einsatz von externen Anschlag-/Dämpfungssystemen

Übersteigt die zu absorbierende kinetische Energie das Dämpfungsvermögen des Zylinders, ist kundenseitig ein externer Festanschlag oder ein hydraulischer Stoßdämpfer vorzusehen, um die Restenergie abzubauen.

2.3 Zylinder mit Kolbenstangen

2.3.1 Kräfte

$F_{AL} = A_{AL} \times p - F_R$

$F_R \approx 5\ \% \times F_{AL}$

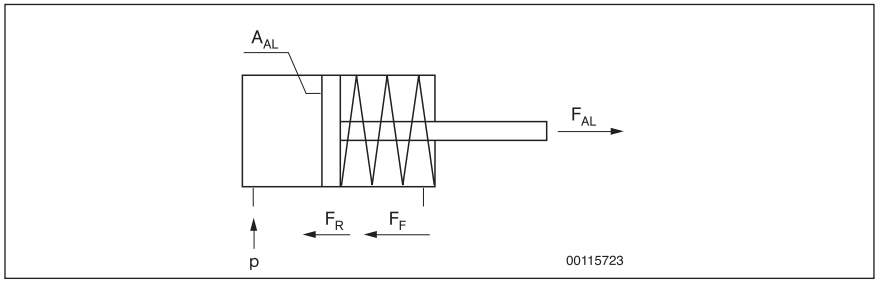


Abb. 3 Statische Kräfte bei einfach wirkenden Zylindern

Statische Kräfte bei doppelt wirkenden Zylindern

$F_{AL} = A_{AL} \times p - F_R$

$F_R \approx 10\ \% \times F_{AL}$

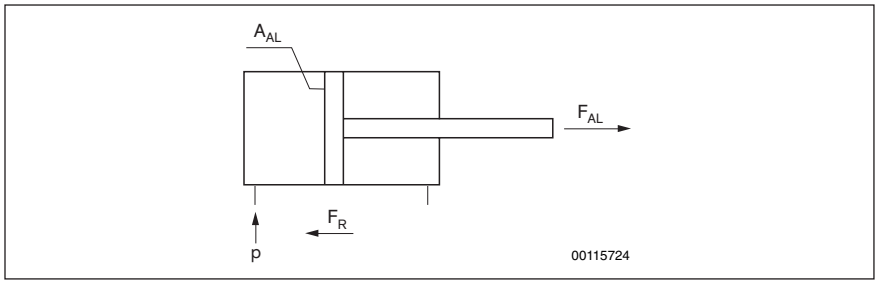


Abb. 4 Variante: ausfahrende Kolbenstange

Statische Kräfte bei doppelt wirkenden Zylindern

$F_{AL-MM} = A_{AL-MM} \times p - F_R$

$F_R \approx 10\ \% \times F_{AL-MM}$

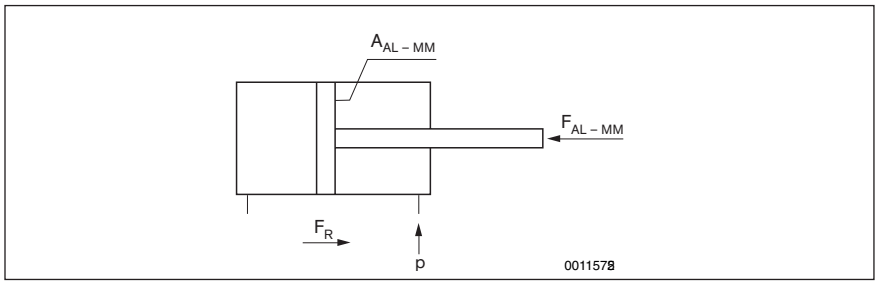


Abb. 5 Variante: einfahrende Kolbenstange

F_{AL} = Kolbenkraft (Zylinderbodenseite)

F_{AL-MM} = Kolbenkraft (Zylinderkopfseite)

F_F = Federkraft

F_R = Reibungskraft (ca. 10 % von F)

A_{AL} = Kolbenfläche (Zylinderbodenseite)

A_{AL-MM} = Kolbenfläche (Zylinderkopfseite)

p = Betriebsdruck

2.3.2 Kräftetabelle

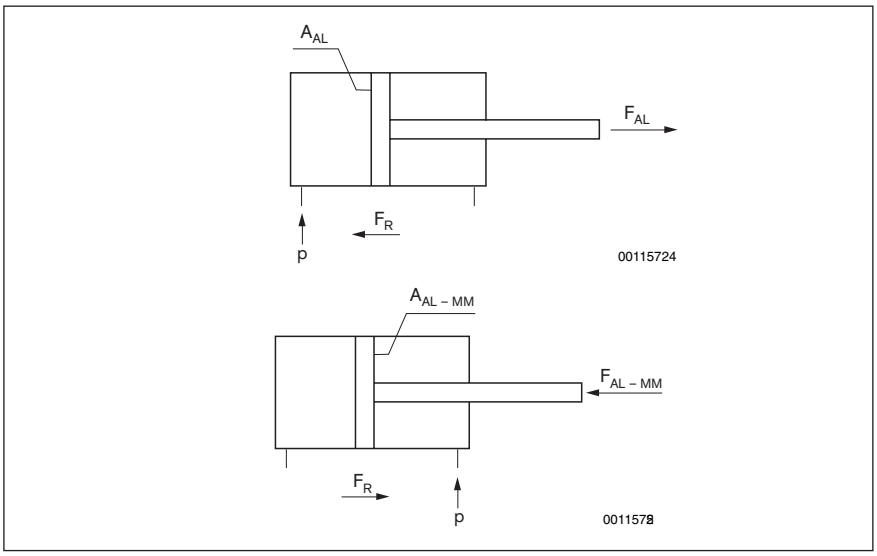


Abb. 6 Kräfteparameter

Aus der Tabelle unten können Sie die effektiven Kolbenkräfte F_{AL} (Zylinderbodenseite)/F_{AL-MM} (Zylinderkopfseite) in Abhängigkeit vom Betriebsdruck p, dem Kolbendurchmesser Ø AL, dem Kolbenstangendurchmesser Ø MM und den Kolbenflächen A_{AL} (Zylinderbodenseite)/ A_{AL-MM} (Zylinderkopfseite) entnehmen.

				p = 3 bar		p = 4 bar		p = 5 bar		p = 6 bar		p = 7 bar		p = 8 bar		p = 9 bar		p = 10 bar	
AL [mm]	MM [mm]	A_{AL} [cm²]	A_{AL-MM} [cm²]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]	F_{AL} [N]	F_{AL-MM} [N]
8	4	0,50	0,38	13	10	17	13	2	17	26	20	31	23	35	27	40	30	44	33
10	4	0,78	0,66	21	17	28	21	35	29	42	35	49	41	56	46	63	52	70	58
12	6	1,1	0,85	29	22	39	30	48	37	58	45	68	52	77	60	87	67	97	75
16	6	2,0	1,73	53	46	70	61	88	76	106	91	123	107	141	122	158	137	176	152
20	8	3,1	2,6	82	69	109	92	136	114	164	137	191	160	218	183	246	206	273	229
25	10	4,9	4,1	129	108	172	144	216	180	259	216	302	253	345	289	388	325	431	361
32	12	8,0	6,9	212	182	282	243	352	304	422	364	493	425	563	486	634	546	704	607
40	16	12,6	10,5	333	280	444	373	554	466	665	560	776	653	887	746	998	840	1109	933
50	20	19,6	16,5	517	436	690	581	862	726	1035	871	1207	1016	1380	1162	1552	1307	1725	1452
63	20	31,1	28,0	824	739	1098	986	1373	1232	1647	1478	1923	1725	2196	1971	2471	2218	2746	2464
80	25	50,2	45,3	1328	1199	1771	1598	2213	1998	2656	2397	3098	2797	3541	3197	3984	3596	4426	3995
100	25	78,5	73,6	2072	1943	2763	2591	3454	3238	4145	3886	4836	4534	5526	5181	6217	5829	6908	6477
125	32	122,6	114,6	3239	3028	4319	4037	5399	5047	6479	6056	7558	7066	8638	8075	9718	9084	10798	10094
160	40	201,0	188,3	5309	4976	7079	6635	8848	8294	10618	9953	12388	11612	14157	13270	15927	14929	17697	16588
200	40	314,1	301,4	8295	7962	11060	10616	13825	13270	16590	15924	19355	18579	22120	21233	24885	23887	27650	26541
250	50	490,6	471,0	12960	12442	17280	16590	21600	20737	25920	24885	30239	29032	34559	33180	38879	37327	43199	41474
320	63	804,2	773,1	21230	20409	28307	27213	35384	34016	42461	40819	49538	47622	56615	54426	63692	61229	70769	68032

Tab. 2 Kräftetabelle

F_{AL} Kolbenkraft (Zylinderbodenseite)

F_{AL-MM} Kolbenkraft (Zylinderkopfseite)

A_{AL} Kolbenfläche (Zylinderbodenseite)

A_{AL-MM} Kolbenfläche (Zylinderkopfseite)

p Betriebsdruck

AL Kolbendurchmesser

2.3.3 Dynamische Kräfte bei doppelt wirkenden Zylindern

Ermittlung des Kolbendurchmessers Ø AL mithilfe des Diagramms

In das Diagramm sind die Reibungsverluste und die verschiedenen Einsatzfälle von doppelt wirkenden Zylindern eingearbeitet.

In den Zylinderkurven (A/B/C) wird der Betriebsdruck p gespiegelt.

- **A:** Spannzylinder
- **B:** Zylinder, die während der Hubbewegung Kraft aufbringen sollen. Ohne Anforderung an den Geschwindigkeitsverlauf, z. B. bei Beschleunigung.
- **C:** Zylinder mit Dämpfung und Geschwindigkeitsregulierung (konstante Geschwindigkeit)

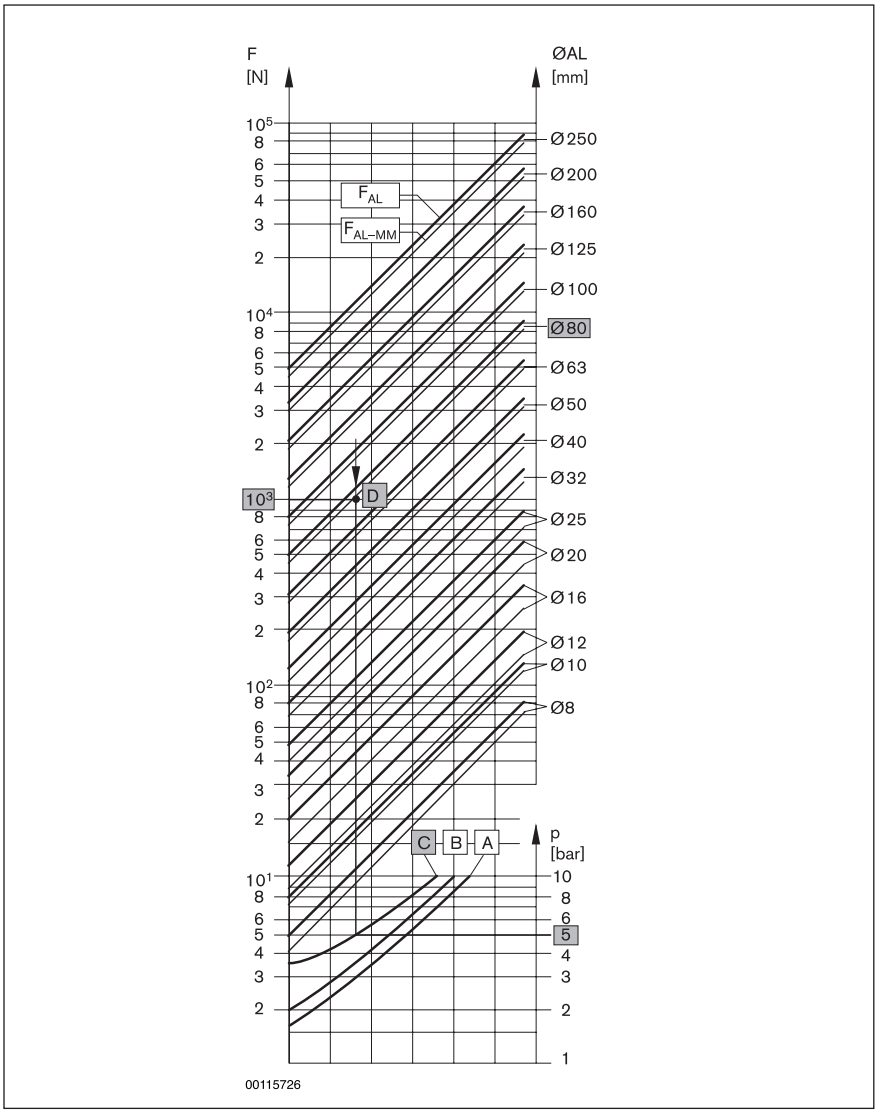


Abb. 7 Diagramm Zylinderkraft

Die berechnete Zylinderkraft F und der gespiegelte Betriebsdruck p ergeben im Diagramm den Schnittpunkt D.

Jede Zylindergröße (Ø AL) wird durch zwei Kolbenkraftkennlinien F_{AL}/F_{AL-MM} im Diagramm dargestellt.

- F_{AL}: Kolbenkraftkennlinie für ausfahrende Kolbenstange
- F_{AL-MM}: Kolbenkraftkennlinie für einfahrende Kolbenstange

Es ist derjenige Kolbendurchmesser Ø AL zu wählen, welcher oberhalb des ermittelten Schnittpunkts D liegt.

2.3.4 Ermittlung des Kolbendurchmessers Ø AL

Beispiel: Gegeben:

- Betriebsdruck p = 5 bar
- Zylinderkraft F = 1000 N
- Zylinder mit Dämpfung und Geschwindigkeitsregulierung = Kurve „C“

Gesucht/ermittelt:

- Kolbendurchmesser Ø AL für ausfahrende Kolbenstange = 80 mm

F Zylinderkraft

Ø AL Kolbendurchmesser AL

p Betriebsdruck

D Schnittpunkt: Kraft F/Betriebsdruck p

2.3.5 Zulässige seitliche Kräfte

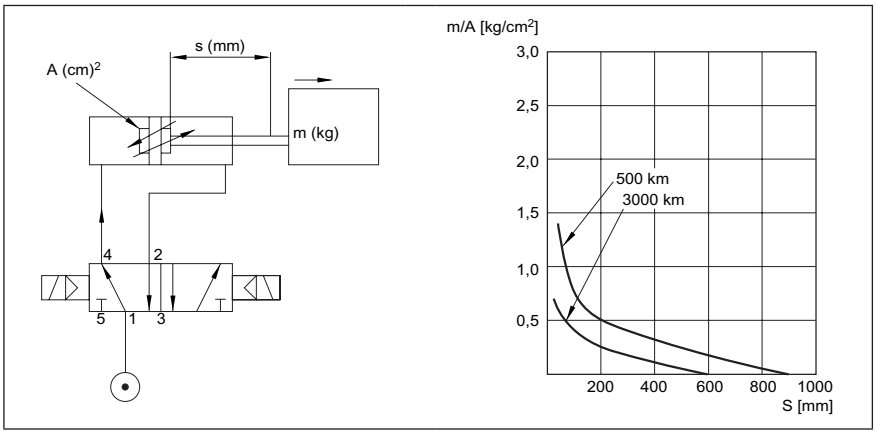


Abb. 8 Zulässige Kräfte

Die aufgrund der Querkräfte getroffene Entscheidung für einen überdimensionierten Zylinder kann vermieden werden, indem eine externe Führung verwendet wird.

Beispiel: Welchen maximalen Hub S kann ein Zylinder mit Ø 50 mm aufweisen, wenn die Masse m = 10 kg beträgt?

Es ist weder eine interne noch eine externe Führung vorhanden.

Lösung: Die Kolbenfläche A beträgt 20 cm^2.

Aus dem Diagramm geht hervor:
Für das Massen-Flächen-Verhältnis m/A = 10/20 = 0,5 darf die Hublänge S den Wert von 200 mm nicht überschreiten.

2.4 Knickbelastungen

2.4.1 Knickkraft F_K nach Euler

In der Pneumatik werden die Eulerfälle 1 und 2 für die Ermittlung der Knickkräfte F_K verwendet.

1. Eulerfall: Anwendung bei Zylindern mit starrer Befestigung

$$F_K = \frac{\pi^2 \times E \times J}{4 \times l_K^2}$$

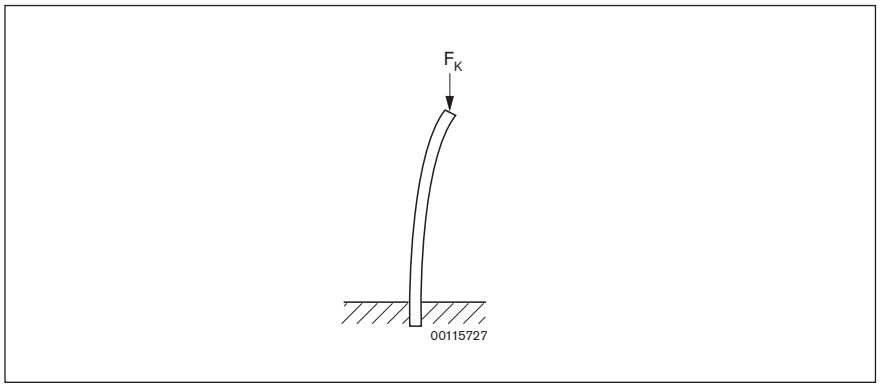


Abb. 9 Grundprinzip

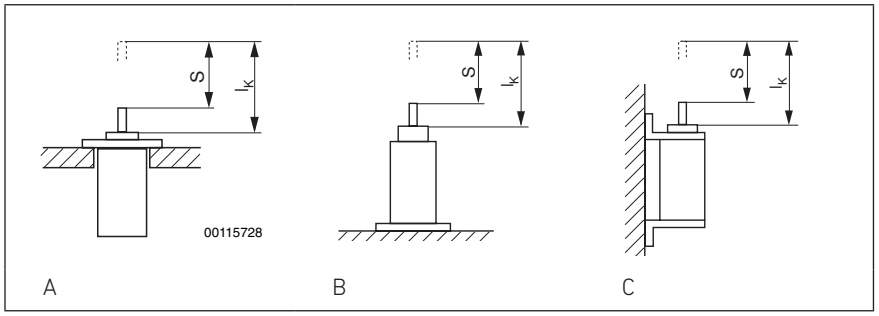


Abb. 10 Anwendungsbeispiele Befestigung, (A) Vordere Flanschbefestigung; (B) Hintere Flanschbefestigung; (C) Fußbefestigung

F_K = Knickkraft

S = Hublänge

E = Elastizitätsmodul

J = Trägheitsmoment

l_K = Knicklänge

2. Eulerfall: Anwendung bei Zylindern mit schwenkbarer Befestigung

$$F_K = \frac{\pi^2 \times E \times J}{4 \times l_K^2}$$

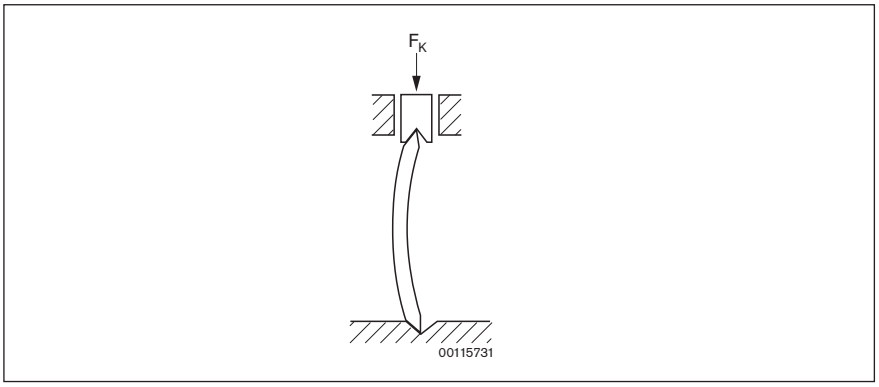


Abb. 11 Grundprinzip

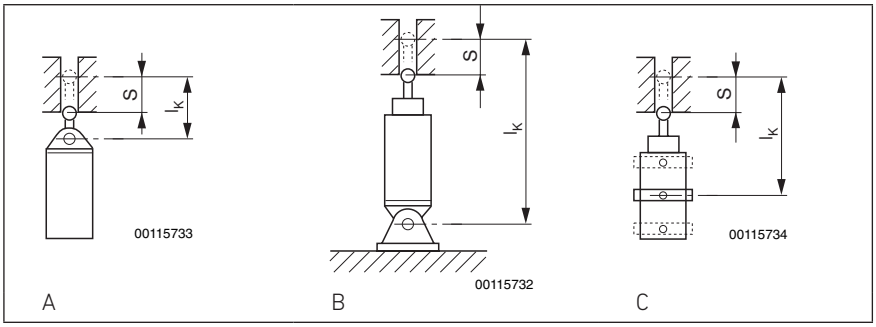


Abb. 12 Anwendungsbeispiele Befestigung, (A) Vordere Schwenkbefestigung; (B) Hintere Schwenkbefestigung; (C) Schwenkzapfenbefestigung

F_K = Knickkraft

S = Hublänge

E = Elastizitätsmodul

J = Trägheitsmoment

l_K = Knicklänge

2.4.2 Knickkraft F_K in Abhängigkeit vom Betriebsdruck p und Kolbendurchmesser Ø AL

Im Diagramm ist ein Sicherheitsfaktor ≥ 3 berücksichtigt.

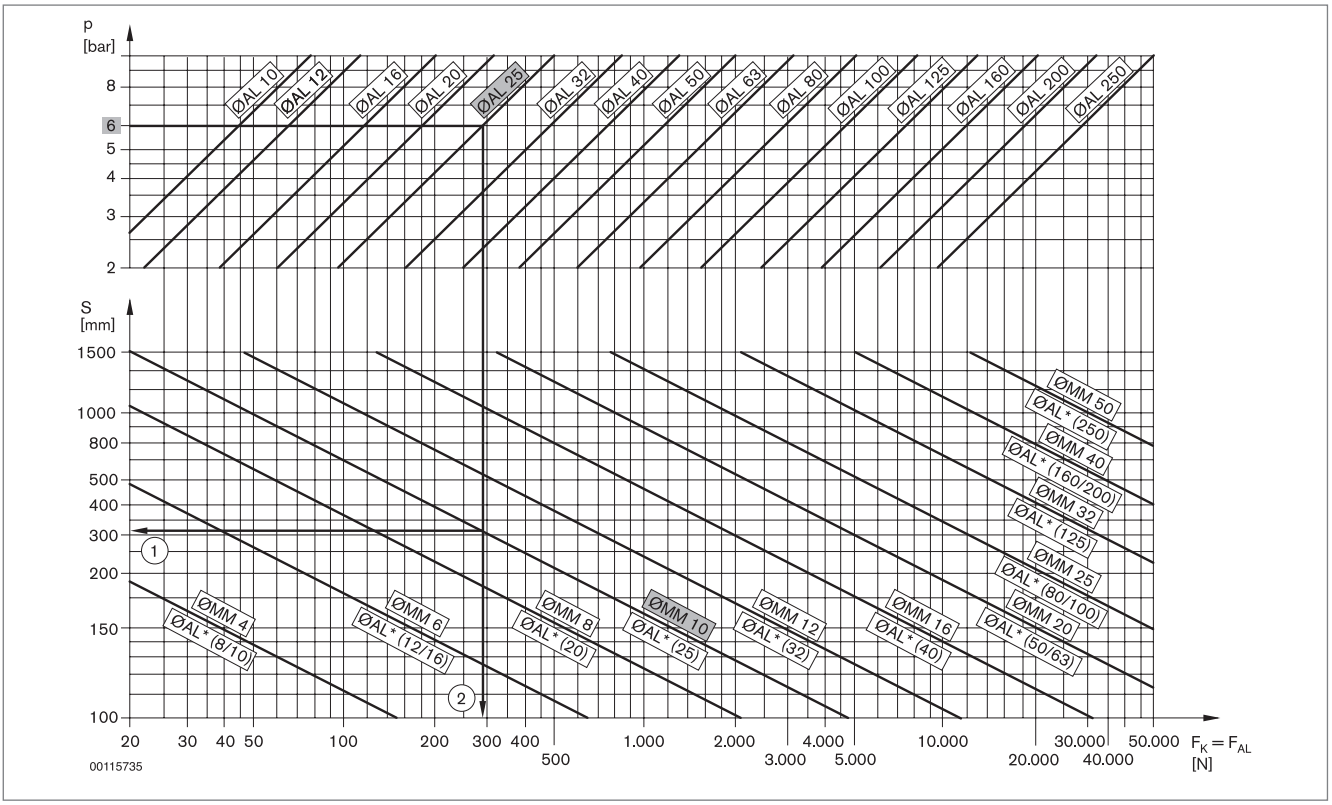


Abb. 13 Knickkraft F_K in Abhängigkeit vom Betriebsdruck p und Kolbendurchmesser AL

p	Betriebsdruck
F_{AL}	Kolbenkraft (Zylinderbodenseite) ausfahrende Kolbenstange
S	Maximal zulässiger Hub (Zylinder-/Kolbenstangenhub)
Ø AL	Kolbendurchmesser AL
Ø AL*	Kolbendurchmesser AL bei Zylindern nach ISO 15552 oder DIN ISO 6432
Ø MM	Kolbenstangendurchmesser MM

Beispiel Gegeben:

- Betriebsdruck p = 6 bar
- Zylinder nach DIN ISO 6432
- Kolbendurchmesser Ø AL = 25 mm

Gesucht/ermittelt:

1 Maximale Hublänge S ≈ 310 mm

2 Knickkraft F_K ≈ 290 N

3 Produkte

3.1 Produktspezifische Daten: Minizylinder

Mit einem Kolbendurchmesser Ø von 2,5 bis 25 mm bieten Minizylinder in den unterschiedlichsten Ausstattungsvarianten für alle denkbaren Aufgaben die richtigen Komponenten. Die Serien MNI, OCT, 131 und ICM von AVENTICS sind mit ihren jeweiligen Eignungen, Stärken und Ausprägungen für spezielle Applikationen und Branchenaufgaben konzipiert.

3.1.1 Serie MNI (ISO 6432)

Der MNI ist ein Normzylinder nach DIN ISO 6432 und optional mit ATEX-Zertifizierung erhältlich. Der MNI ist in verschiedenen Varianten als einfach wirkender oder doppelt wirkender Zylinder (wahlweise auch mit durchgehender Kolbenstange) verfügbar.

3.1.2 Serie ICM

Der ICM ist mit Kolbendurchmessern Ø von 8 bis 32 mm erhältlich und entspricht als Variante mit Magnetkolben in den Kolbendurchmessern Ø 8 bis 25 mm der DIN ISO 6432. Der Kolbendurchmesser Ø 32 mm liegt außerhalb der Norm.

3.1.3 Serie OCT

Der OCT-Profilzylinder entspricht ebenfalls der DIN ISO 6432 und bietet als zusätzliche Funktionen Push-In-Verbindungen und allseitig Nuten zur Montage von Sensoren. Der OCT (Octagon) verfügt über einen achteckigen Kolben, der optional mittels Stahlstiften eine Verdrehsicherung der Kolbenstange realisiert. Einfach wirkende und doppelt wirkende Profilzylinder (wahlweise mit durchgehender Kolbenstange) sind verfügbar. Der OCT bietet dank Kunststoff-Deckeln und eloxiertem Zylinderrohr im Vergleich zum MNI einen erhöhten Korrosionsschutz.

Optionen:

Magnetkolben, Verdrehsicherung, pneumatische Endlagendämpfung (12 – 25 mm), Kolbenstangenverlängerung, Halteeinheit, Zubehör

3.1.4 Serie 131

Die Zylinderserie 131 ist als einfach wirkende oder doppelt wirkende Variante erhältlich.

Optionen:

Magnetkolben

3.1.5 Dämpfungsdiagramm für MNI und OCT

Doppelt wirkender Zylinder bei Ausfahrbewegung. Der Druck an den Anschlüssen beträgt 6,3 bar. Die Kurven stellen die Höchstwerte dar.

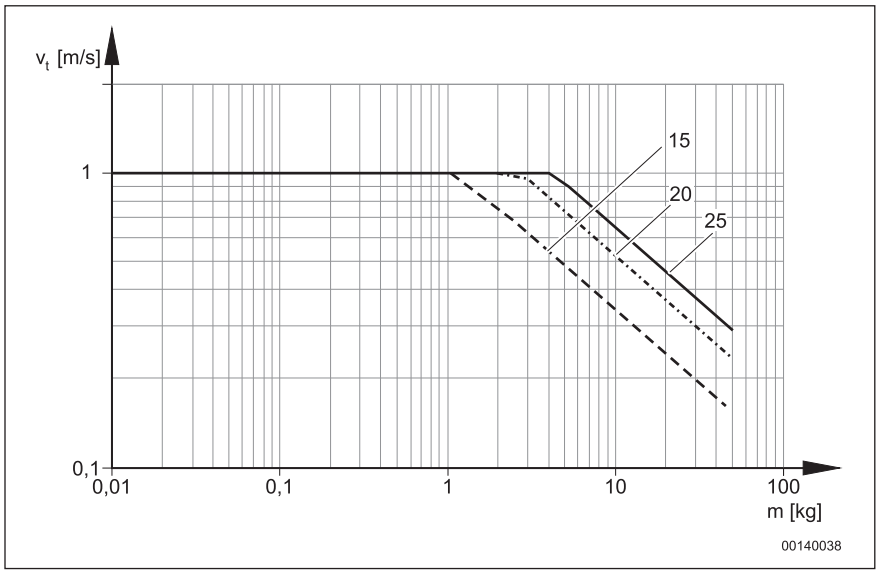


Abb. 14 Dämpfungsdiagramm für MNI und OCT

Das Diagramm gilt für waagerechte und abwärts gerichtete Bewegungen.

Als Faustregel für die Aufwärtsbewegung gilt:

- Massen-Flächen-Verhältnis m/A (kg/cm^2) < 2
- Geschwindigkeit v_t < 0,7 m/s

Die ideale Pneumatikdämpfung wird an der diagonalen Linie erreicht.
In diesem Bereich ist auch die Zykluszeit optimal.

Um Schläge beim Auftreffen des Kolbens am Deckel bzw. am Boden zu vermeiden, müssen Zylinder ohne Dämpfung entweder mit geringen Kolbengeschwindigkeiten betrieben werden oder es sind extern angeordnete Anschläge oder Stoßdämpfer einzusetzen.

3.2 Produktspezifische Daten: Normzylinder, Serie PRA/TRB

3.2.1 Serie PRA

Der PRA ist ein nach DIN ISO 15552 standardisierter Profilzylinder mit Magnetkolben sowie Sensornuten im Aluminiumprofil. Verfügbar ist der PRA als doppelt wirkender Zylinder mit einseitiger oder durchgehender Kolbenstange und optional mit ATEX-Zertifizierung.

Optionen:

ATEX, wärmebeständige Variante mit Magnetkolben (-10 °C bis 120 °C), wärmbeständige Variante ohne Magnetkolben (bis 150 °C), pneumatische Endlagendämpfung, Kolbenstangenverlängerung, Feststelleinheit, Zubehör

3.2.2 Serie TRB

Der TRB ist ein nach ISO 15552 genormter Zugankerzylinder, der sich vom PRA nur durch das Glattrohr und die Zuganker unterscheidet. Die Leistung des TRB entspricht dem PRA. Zusätzlich wird eine Leichtlaufvariante angeboten.

3.2.3 Dämpfungsdiagramm für PRA/TRB

Doppelt wirkender Zylinder bei Ausfahrbewegung. Der Druck an den Anschlüssen beträgt 6,3 bar. Die Kurven stellen die Höchstwerte dar.

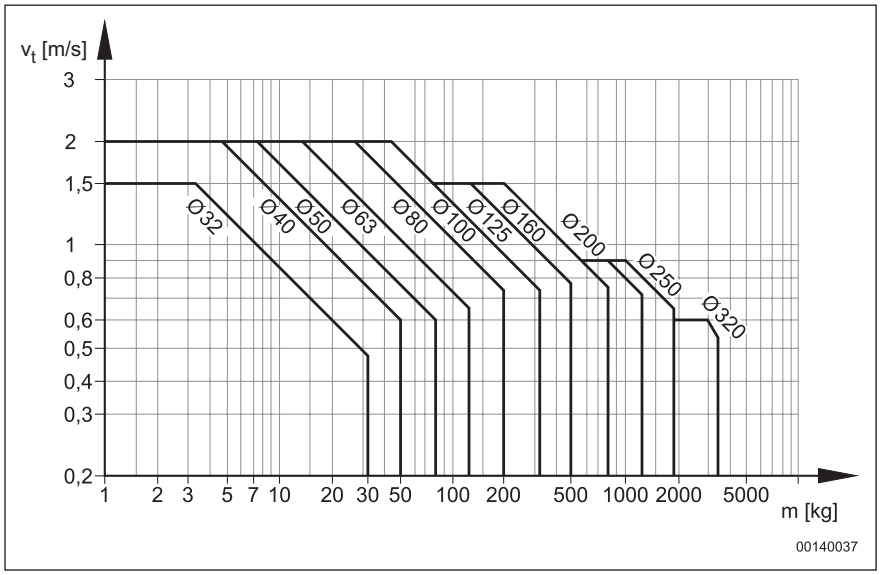


Abb. 15 Dämpfungsdiagramm

Das Diagramm gilt für waagerechte und abwärtsgerichtete Bewegungen.

Als Faustregel für die Aufwärtsbewegung gilt:

- Massen-Flächen-Verhältnis m/A (kg/cm^2) < 2
- Geschwindigkeit v_t < 0,7 m/s

Die ideale Pneumatikdämpfung wird an der diagonalen Linie erreicht. In diesem Bereich ist auch die Zykluszeit optimal.

Um Schläge beim Auftreffen des Kolbens am Deckel bzw. am Boden zu vermeiden, müssen Zylinder ohne Dämpfung entweder mit geringen Kolbengeschwindigkeiten betrieben werden oder es sind extern angeordnete Anschläge oder Stoßdämpfer einzusetzen.

3.3 Produktspezifische Daten: kolbenstangenlose Zylinder, Schleifzylinder

3.3.1 Zylinder-Konfigurator

Alle Zylinder können individuell mit dem Produktkonfigurator von AVENTICS konfiguriert werden. Während der Konfiguration mit dem Produktkonfigurator wird eine individuelle Bestellnummer generiert.

3.3.2 Serie RTC

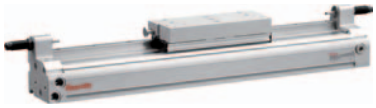
Der ovale Kolben des RTC-Zylinders kann im Vergleich zu einem runden Kolben höhere Lasten und Momente aufnehmen.

Beim RTC-Zylinder bilden Schlitten und Kolben eine Einheit.

Das Programm der Serie RTC basiert auf drei Varianten mit unterschiedlich ausgeprägten Stärken: für große Lasten, sehr präzise Bewegung und Positionierung sowie einen großen Geschwindigkeitsbereich.

Übersicht RTC-Varianten:

- **RTC-BV (Basic Version) mit interner Führung**
  Verwendung bei niedrigen und mittleren Drehmomenten.
  Kolbengröße 16 – 80 mm



- **RTC-CG (Compact Guide) mit Kugelschienenführung**
  Verwendung bei geringen Lasten und Drehmomenten, wenn besonders hohe Genauigkeit erforderlich ist. Kolbengröße 16 – 40 mm

- **RTC-HD (Heavy Duty) mit verstärkter Kugelschienenführung**
  Verwendung bei hohen Lasten und Drehmomenten, wenn besonders hohe Genauigkeit erforderlich ist. Kolbengröße 16 – 63 mm

Einsatzbereich

Der RTC-Zylinder wird in der industriellen Fertigung für die gleichmäßige lineare Bewegung von Produkten und Werkstücken eingesetzt. Der RTC-Zylinder kann waagerecht oder senkrecht montiert werden. Er hat minimale Einbaumaße und verfügt über einen Hub von bis zu 10 Metern.

Weitere Merkmale:

- Verschiedene Versionen mit unterschiedlichen Befestigungsmöglichkeiten und Führungsschienen für Schlitten ermöglichen die Bewegung und Steuerung schwerer Lasten mit hoher Genauigkeit und Präzision.
- Für erhöhte Flexibilität kann die Druckluft an beiden Enden des Zylinders angeschlossen werden.
- Integrierbare, regelbare pneumatische Dämpfung mit der Option auf einen zusätzlichen mechanischen Stoßdämpfer
- Bei Bedarf können zur flexiblen Positionserfassung elektromagnetische Sensoren eingebaut werden.

RTC Sensormontage

- RTC-BV und RTC-SV besitzen Sensornuten an beiden Seiten des Zylinderkörpers.
- RTC-CG und RTC-HD besitzen eine Sensornut an der Seite mit Druckluftanschlüssen.
- Es dürfen in jeder Richtung pro Nut maximal zwei Sensoren angebracht werden.

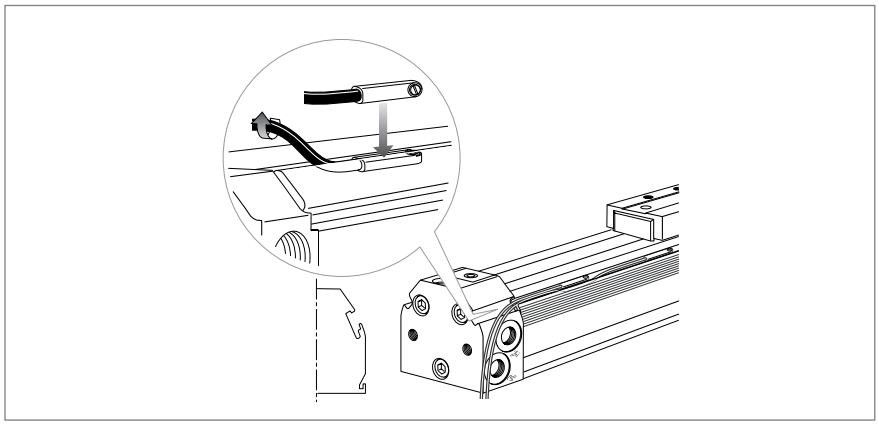


Abb. 16 Montieren von Sensoren, RTC

Lastbefestigung RTC

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, eine Last auf dem Schlitten des RTC-Zylinders zu befestigen.

Hinweis: Stellen Sie sicher, dass die Last für die jeweilige Anwendung richtig befestigt wird und dass die Befestigung die Last, für die der Zylinder ausgelegt ist, tragen kann.

RTC-BV (Basic Version)

Die Last wird in der Regel mit einer der als Zubehör verfügbaren Befestigungen befestigt.

RTC-CG (Compact Guide)

Die Last wird mit oder ohne Zentrierringe am Wagen befestigt.

RTC-HD (Heavy Duty)

Die Last wird mit oder ohne Zentrierringe am Wagen befestigt. Sie wird entweder mit Schrauben in ausgewählten Gewindebohrungen oder durch die in Mutternnuten geschobenen Muttern angebracht. Verteilen Sie die Muttern gleichmäßig in den Nuten des Wagens. Die Produktnummern finden Sie im Produktkatalog.

3.3.3 Serie CKP

- **CKP (Compact module Kugelschienenführung Pneumatic drive)**
  Kolbenloser Zylinder mit doppelten Kugelschienenführungen.
  Verwendung bei hohen Lasten und Drehmomenten. Der CKP hat dieselben Einbaumaße wie die elektrisch angetriebenen Kompaktmodule CKK (Kugelgewindeantrieb) und CKR (Zahnriemenantrieb).
  Kolbengrößen 16, 25 und 32 mm
- **CKP-CL (camoLINE)**
  Kompatibel mit Baukasten für Handlingsysteme.
  Basiert auf CKP, aber mit Bohrungen für untergelegte Zentrierringe zur Positionierung. Kolbengrößen 16, 25 und 32 mm

CKP-Sensormontage

- CKP und CKP-CL besitzen Sensornuten an beiden Seiten des Zylinderkörpers.
- Zum Befestigen des Sensors in der Nut ist ein spezieller Sensorhalter erforderlich.
- Sensoren können an beliebigen Stellen entlang des Zylinders positioniert werden.
- Es dürfen pro Nut maximal drei Sensoren angebracht werden. Wenn mehr als drei Sensoren erforderlich sind, gibt es in der Nut keinen Platz für die Kabel. Stellen Sie in diesem Fall sicher, dass die Kabel ordnungsgemäß befestigt sind, damit sie nicht durch Schlittenbewegungen beschädigt werden.

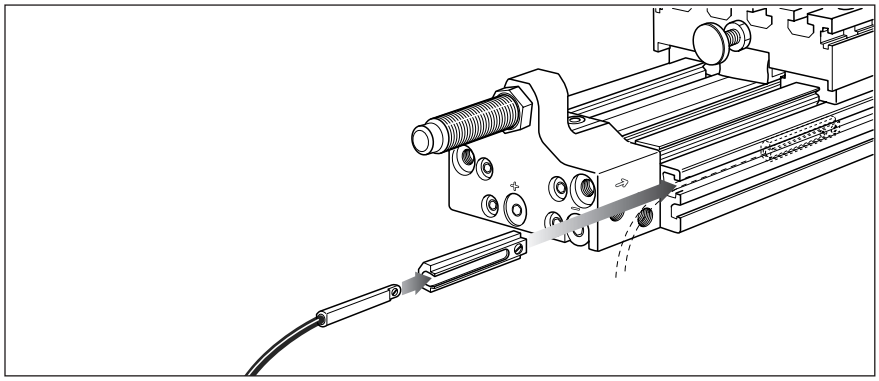


Abb. 17 Montieren von Sensoren, CKP

Lastbefestigung CKP und CKP-CL

Die Last wird mit oder ohne Zentrierringe am Wagen befestigt.

3.3.4 Zylinderbelastungen

- Die Masse führt aufgrund von Beschleunigung, Dämpfung und Gewicht während der Bewegung zu Momenten am Schlitten.
- Die Führung führt aufgrund der Reibung zu Momenten am Schlitten.
- Die Kraft führt zu Momenten am Schlitten.
- Die angebaute Masse, die nicht in der Mitte des Shuttlekolbens angreift, bewirkt ein Moment an diesem.
- Beim Anhalten des Kolbens treten mechanische Belastungen am Zylinder und der Führung auf.

Kolben-Ø	α	β	Lx	Ly	Lz
16	<0,1°	<0,2°	260	260	260
25	<0,1°	<0,2°	344	344	344
32	<0,1°	<0,2°	404	404	404
40	<0,1°	<0,2°	440	440	440
50	<0,1°	<0,2°	532	532	532
63	<0,1°	<0,2°	644	644	644

Tab. 3 Momente RTC-HD (Heavy Duty) mit verstärkter Kugelschienenführung

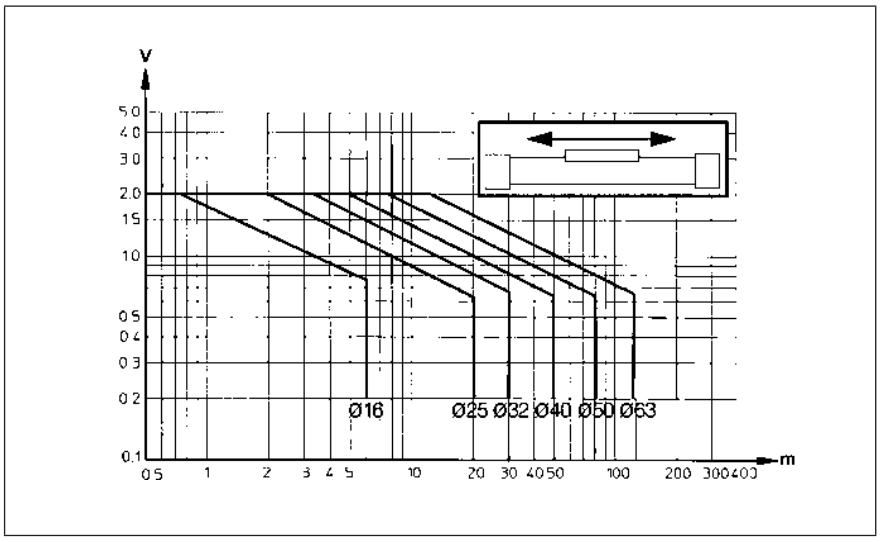


Abb. 18 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei waagerechter Montage

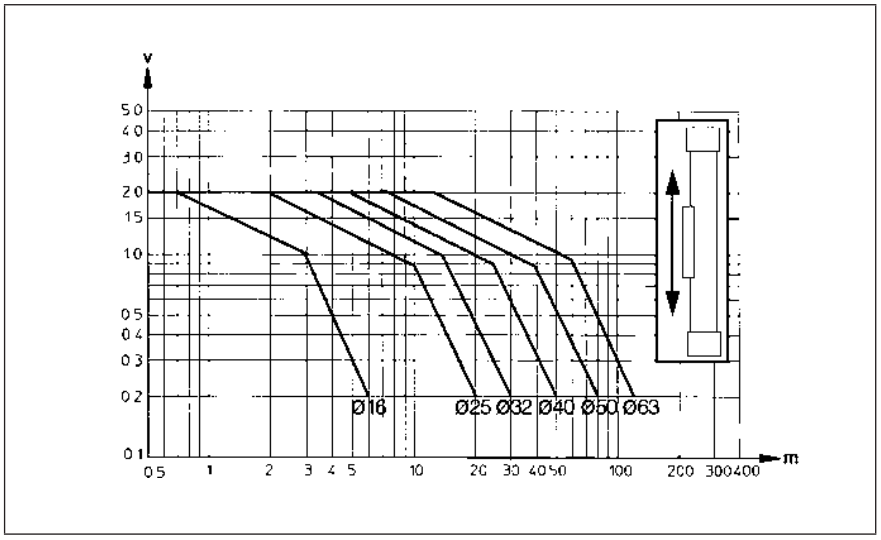


Abb. 19 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei senkrechter Montage

v Kolbengeschwindigkeit [m/s]

m Dämpfbare Masse [kg]

Die Werte für die dämpfbare Masse m und die Kolbengeschwindigkeit v müssen unter oder auf der Kurve des ausgewählten Kolbendurchmessers Ø liegen.

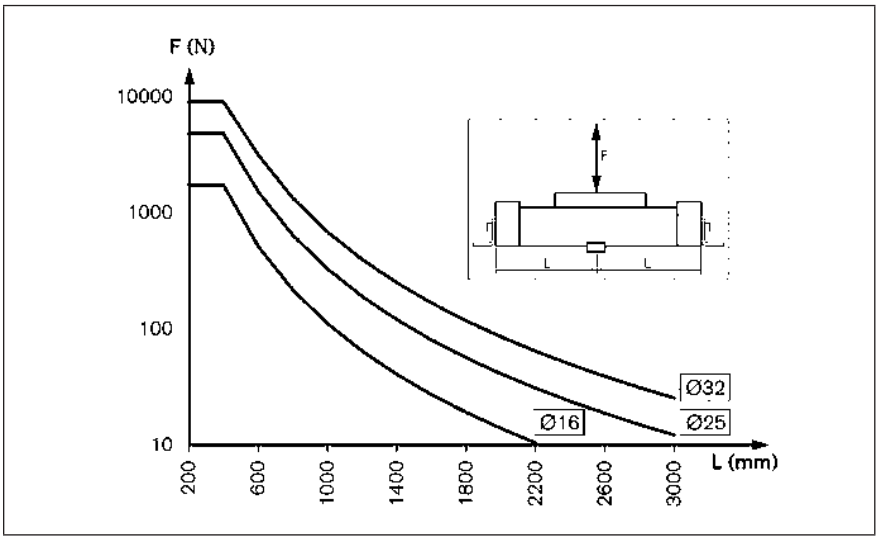


Abb. 20 Max. Stützlänge L [mm] als Funktion von F [N] bei 0,5 mm Durchbiegung, Teil 1

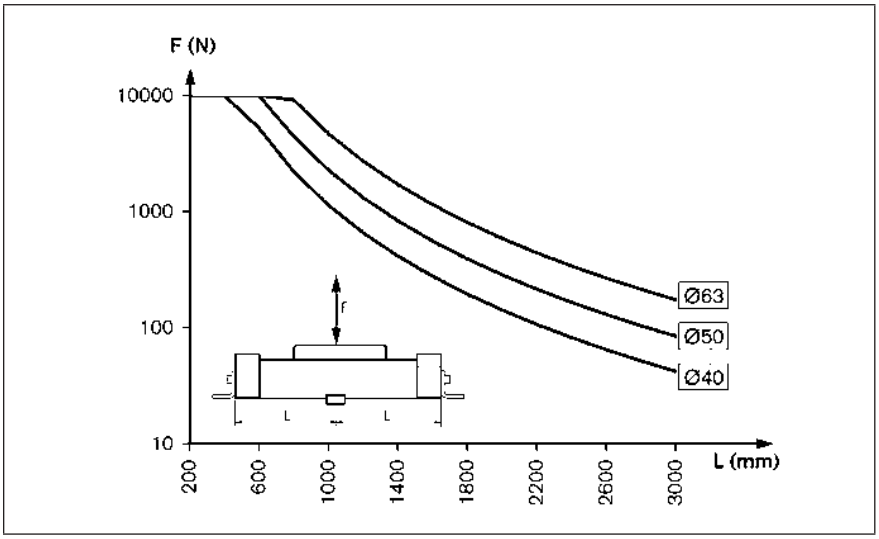


Abb. 21 Max. Stützlänge L [mm] als Funktion von F [N] bei 0,5 mm Durchbiegung, Teil 2

3.4 Weitere Zylinderserien Führungszylinder/Doppelkolbenzylinder

3.4.1 Serie GPC, TWC

GPC ist ein geführter Zylinder, bei dem Zylinder und Führung in einem Gehäuse stecken. Der GPC-Zylinder ist ein robuster doppelt wirkender Zylinder mit einem in den Kolben integrierten Magnetring. Die GPC-Zylinder können direkt an einem anderen Zylinder montiert werden. Der GPC-Zylinder zeichnet sich zusätzlich durch eine hohe Seitenbelastbarkeit und Verdrehsicherheit aus.

Die TWC-Doppelkolbenzylinder sind mit langen Gleitführungsbuchsen ausgestattet, welche für minimales Kolbenstangenspiel sorgen. Beim TWC-Doppelkolbenzylinder ist die Verriegelung der Kolbenstange sowohl im eingefahrenen als auch im ausgefahrenen Zustand möglich.

3.4.2 Serie MSC, MSN, ZSC

Die Minischlitten von AVENTICS führen exakte Kurzhubbewegungen aus und haben Easy-2-Combine-Schnittstellen

Der Minischlitten MSC verfügt über eine integrierte Präzisionsführung sowie eine standardisierte Easy-2-Combine-Schnittstelle. Die MSC-Zylinder haben eine integrierte Führung und integrierte Sensornuten (auf beiden Seiten); außerdem ist der Druckluftanschluss an drei Seiten möglich.

Die Minischlitten der Serie MSC sind mit einem optimierten Führungs- und Endlagendämpfungssystem ausgestattet und bieten maximale Steifigkeit für höchste Moment- und Belastungsaufnahmen.

Der schmale, doppelt wirkende Minischlitten MSN verfügt über einen im Kolben integrierten Magnetring, elastische Dämpfung und eine integrierte, kugelgelagerte Schienenführung. Durch die vielseitigen Befestigungs- und Belüftungsmöglichkeiten kann der Minischlitten MSN in nahezu allen Positionen und Lagen eingebaut werden.

Der doppelt wirkende Minischlitten ZSC mit Magnetkolben und Easy-2-Combine-Schnittstelle ist prädestiniert für vertikale Anwendungen. Der Minischlitten ZSC hat ein sehr leicht laufendes Doppelkolbensystem mit Kugelumlaufführung sowie eine flache Bauform.

3.4.3 Zahnstangenantriebe und Greifer, Serie RCM, GSP

Drehmodule der Serie RCM lassen sich für alle standardisierten Dreh- und Schwenkbewegungen konfigurieren. Die Module besitzen eine Easy-2-Combine-Schnittstelle und können direkt auf Minischlitten montiert und mit mechanischen GSP-Greifern ausgerüstet werden.

3.4.4 Zylinder-Ventil-Einheit CVI

Typische Einsatzgebiete für die Serie CVI sind Auf/Zu-Funktionen wie Klappensteuerungen und Schieberanwendungen an entfernten und oft schlecht zugänglichen Stellen. Zwei ISO-Zylinderserien (PRA, TRB) und fünf frei kombinierbare Ventilserien (TC08, TC15, CD07, CD12, 740) bilden die Basis des modularen Konzepts.

Alle Einzelkomponenten sind technisch aufeinander abgestimmt und können für spezifische Anwendungen konfiguriert werden:

- Energiesparventil, Rückhub mit verringertem Druck
- Stoppventil, Stillsetzen von Bewegungen
- Modulares Dichtungskonzept, individuelle Ausführung mit speziellen Abstreifern
- Bedarfsgenau dimensionierbare Ventildurchflussgrößen
- Kurze und direkte Schlauchverbindungen
- Stoppventile, Stillsetzen von Bewegungen und Verhindern des ungewollten Anlaufs von Anlagen

3.5 Balgzylinder

Alle Balgzylinderserien sind durch ihre unterschiedliche Konstruktion sowie die Ausstattung und Materialien für spezifische Aufgaben ausgelegt. Alle Balgzylinder benötigen wenig Einbauraum und arbeiten nahezu verschleiß- und wartungsfrei.

Serie BCC (Standardausführung)

Die Serie BCC ist die Standardausführung der neuen Generation. Der Deckel ist demontierbar. Anschlußteile wählbar in Stahl oder Aluminium.

Serie BCP (Standardausführung)

Die Serie BCP ist die Basisvariante dieser Balgzylinderfamilie mit Standard-Balgmaterial NR/BR und eingebördeltem Deckel aus verzinktem Stahl mit Luftanschlüssen. Sie werden sowohl als Ein-, Zwei- oder Dreifaltenbalg eingesetzt.

Serie BCS (korrosionsbeständige Ausführung)

Die Balgzylinder der Serie BCS sind mit Bördelplatten (eingebördeltem Deckel) aus Edelstahl ausgerüstet. Sie eignen sich aufgrund der Korrosions- und Säurebeständigkeit besonders für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie, sowie in Off-Shore-Applikationen und der Pharma- und Prozessindustrie.

Serie BCE (wärmebeständige Ausführung)

Das Balgmaterial der Serie BCE besteht aus der neuen Epichlorhydrin-Kautschukmischung. Sie sorgt für beste Temperaturbeständigkeit und ist unempfindlich gegenüber aggressiven Medien, Ölen und Schmierfetten. Einsatzschwerpunkte sind Anwendungen in der Papierindustrie.

Serie BCR (Wulstring-Ausführung)

Die Balgzylinder der Serie BCR sind mit Befestigungsringen aus Aluminium ohne Deckelplatten ausgestattet und für große Kräfte ausgelegt. Ideal für die Pressentechnik. Wulstringe sind demontierbar, keine Dichtung erforderlich.

Serie BRB (Schlauchrollbalgzylinder)

Die Balgzylinder der Serie BRB sind sehr leicht und für kleine Kräfte und Hübe konzipiert. Schlauchrollbalgzylinder (BRP) sind zur Kraftübertragung oder als Luftfedern zur Schwingungsisolierung von schweren Maschinen und von Fundamenten ausgelegt. Die Anschlussteile sind reibungslos, Ausführung aus Kunststoff.

3.5.1 Wozu dienen Balgzylinder?

Balgzylinder werden in verschiedenen Bereichen der Technik eingesetzt:

- Kraftübertragung
- Lagerung
- Schwingungsisolierung (Luftfeder)

Zu den klassischen Aufgaben der Balgzylinder zählen:

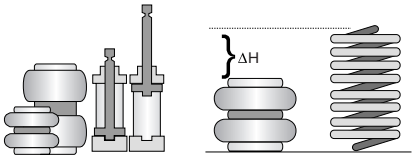
- Pressvorrichtungen
- Walzenspanner
- Kippvorrichtungen
- Spannvorrichtungen
- Betätigung von Scherenhubtischen
- Einsatz als sogenannte Luftfeder in der Schwingungstechnik

Serie BCP/BCE/BCS/BCR

Einsatz in verschiedenen Bereichen, zur Kraftübertragung oder Schwingungsisolierung

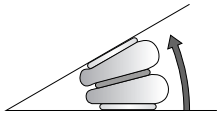
- Einfaltenbalg:
  universell einsetzbar, geringe Blockhöhe, ideal zur Schwingungsisolierung
- Zweifaltenbalg:
  geringe Blockhöhe, großer Hub, niedrige Eigenfrequenz
- Dreifaltenbalg:
  geringe Blockhöhe, größtmöglicher Hub, hohes Kippvermögen

3.5.2 Vorteile von Balgzylindern



Geringe Bauhöhe

Balgzylinder besitzen im Vergleich zu herkömmlichen Pneumatikzylindern keine Kolbenstange. Balgzylinder weisen außerdem eine geringe Einbauhöhe auf und sparen somit Konstruktionshöhe. Die statische Einfederung entfällt.



Winkelbewegung ohne Adapter

Balgzylinder sind je nach Typ für Kippwinkel bis zu 30° einsetzbar. Hierdurch kann auf aufwendige Verbindungselemente und Gelenkkonstruktionen verzichtet werden.

Niedrige Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten sind im Allgemeinen deutlich geringer als bei konventionellen pneumatischen Zylindern. Hohe Lebensdauer und Wartungsfreiheit senken darüber hinaus auch die Betriebskosten.

Verschleiß- und wartungsfrei

Balgzylinder arbeiten auch unter schwierigen Einsatzbedingungen. Der Balgzylinder hat keine gegeneinander bewegten mechanischen Reibungsstellen (Dichtungen). Auch bei widrigen Umgebungsbedingungen wie Schmutz, Staub, Granulat und Schlamm arbeitet das Produkt verschleißfrei.

Lange Lebensdauer

Balgzylinder sind dynamisch hochbeständige Produkte. Sie sind unempfindlich gegen Witterung, viele Umwelteinflüsse und viele Chemikalien. Ihre Materialien haben sich im Nfz-, Pkw- und Schienenfahrzeugbau bewährt. Auch bei starken Belastungen wird eine hohe Lebensdauer erreicht.

Umfangreiches Produktprogramm

Balgzylinder können viele Einsatzfälle von Pneumatikzylindern abdecken. Sie sind mit wirksamen Durchmessern Ø von 60 bis 950 mm verfügbar. Es sind Hübe bis zu 455 mm möglich. Mit dem AVENTICS Produktprogramm sind Kräfte von 0,5 – 440 kN realisierbar.

Reibungsfrei = ruckfreie Bewegung

Balgzylinder haben keine gegeneinander bewegten Teile und Dichtungen. Es entsteht deshalb keine Haftreibung (Stick-Slip-Effekt). Die Balgzylinder sprechen deshalb selbst bei geringen Druckänderungen sofort und gleichmäßig an.

Seitliche Flexibilität

Balgzylinder können mit seitlichem Versatz bis zu 30 mm zuverlässig arbeiten. Hierbei gibt es keine Dichtungen, die verschleißen oder blockieren können. Aufwendige, exakte, staub- und schmutzunempfindliche Führungen sind daher nicht mehr nötig.

Einfache und wirtschaftliche Montage

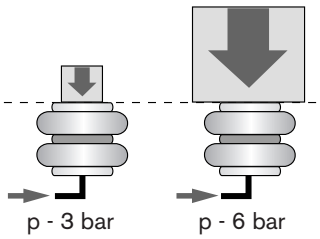
Dank ihrer minimalen Höhe im drucklosen Zustand können BCP- und BCR-Balgzylinder sehr einfach eingebaut werden. Das spart Montagezeit und -aufwand. Über den flexiblen Balgzylinder können Montageungenauigkeiten ausgeglichen werden.

Hohe Betriebssicherheit

Balgzylinder können mit ölfreier Druckluft betrieben werden. Sie sind deshalb auch für besondere Einsatzfälle geeignet, z. B. in der Nahrungsmittelindustrie. Durch entsprechende Sicherheitsstandards sind die Balgzylinder auch bei einem Vielfachen des maximal zulässigen Betriebsdrucks vor einem Ausfall gesichert.

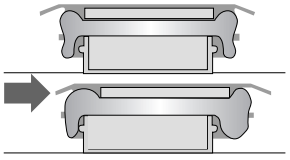
Beständigkeit bei unterschiedlichen Medien

Balgzylinder können in pneumatischen Anwendungen sowohl mit Druckluft als auch mit weiteren gasförmigen Medien wie z. B. Stickstoff betrieben werden. In Niederdruckbereichen ist außerdem die Verwendung von hydraulischen Medien wie z. B. Wasser und Glykol zulässig.



Konstante Betriebshöhe

Die Betriebshöhe der Balgzylinder ist über den Luftdruck, unabhängig von der Traglast, einstellbar. Es gibt keine statische Einfederung wie bei anderen Federelementen. Ein bedienungsfreundliches, automatisch arbeitendes Regelsystem garantiert eine gleichbleibende Betriebshöhe auch bei wechselnden Traglasten.



Seitenstabilität

Balgzylinder besitzen eine herausragende Seitenstabilität und erreichen je nach Typ eine Quersteifigkeit von bis zu 100 % der Vertikalsteifigkeit.

Lastenunabhängige Isoliereigenschaften

Die Federsteife ist proportional zur Tragkraft. Die Schwingungsisolierung ist nahezu unabhängig von der Tragkraft, d. h. die Eigenfrequenzen sind auch bei wechselnden Lasten konstant. Es entstehen Möglichkeiten zur Standardisierung der Balgzylinder bei Aggregatfamilien durch einen breiten Traglastbereich.

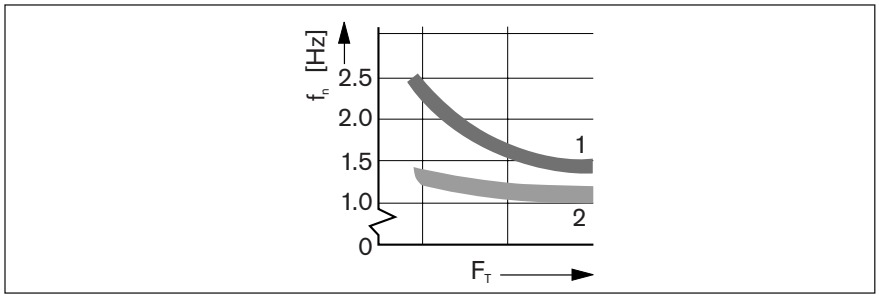
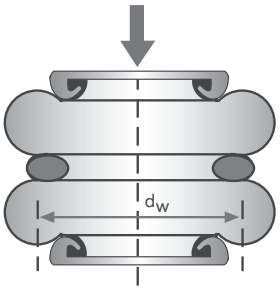


Abb. 22 Diagramm: Federsteife, Tragkraft

f_n	Natürliche Frequenz [Hz]	1	Stahlfeder
F_T	Tragkraft	2	Luftfeder

3.5.3 Einbau und Anwendung



Tragkraft

Der wirksame Durchmesser Ø d_w und die damit verbundene wirksame Fläche A_w bei Balgzylindern entspricht nicht dem Kolbendurchmesser Ø bei herkömmlichen Pneumatikzylindern. Außerdem kann sich der wirksame Durchmesser Ø mit der Betriebshöhe ändern.
Balgzylinder weisen deshalb je nach Typ und Größe eine mit zunehmendem Hub abfallende Tragkraft auf. Bei der Auslegung muss anhand des Kraft-Weg-Diagramms geprüft werden, ob der vorgesehene Balgzylinder an beiden Endpunkten des durchzuführenden Hubs die geforderte Kraft erbringt und welcher Druck hierfür notwendig ist.

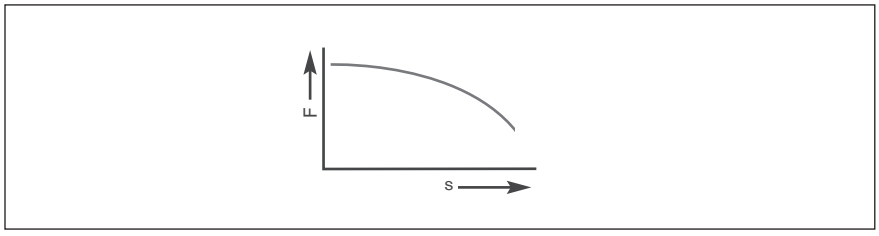


Abb. 23 Kraft-Weg-Diagramm zur Tragkraft

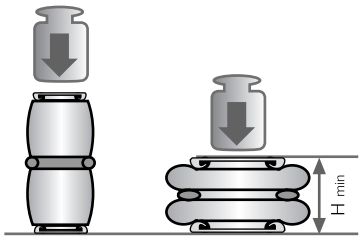
F	Kraft	s	Hub

Hub

Balgzylinder haben eine Minimalhöhe H_{min} (zusammengedrückter Zustand) und eine maximal zulässige Höhe H_{max}. Der maximal zulässige Hub bei Balgzylindern ergibt sich aus der Differenz zwischen der maximal zulässigen Höhe und der Minimalhöhe. Dieser Hub oder ein beliebiger Ausschnitt hieraus kann genutzt werden. Größere Hubhöhen lassen sich durch eine Scherenkonstruktion oder Hintereinanderschaltung von zwei oder mehreren Balgzylindern erreichen. Bei der Hintereinanderschaltung müssen die zwischen jeweils zwei Balgzylindern notwendigen Montageplatten seitlich geführt werden.

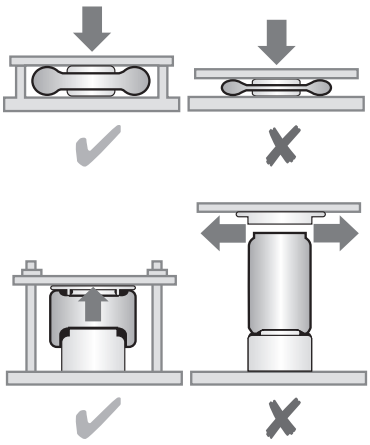
Versetzte Montage

Balgzylinder lassen aufgrund ihrer Flexibilität eine etwas versetzte Montage von der oberen zur unteren Ebene zu.
Der Versatz darf 10 mm, bei Zweifaltenbälgen 20 mm und bei Dreifaltenbälgen 30 mm nicht übersteigen.



Rückstellkraft

Balgzylinder sind einfach wirkende Zylinder. Um den flexiblen Balg auf die Minimalhöhe zusammenzudrücken, wird eine Rückstellkraft benötigt. Sie kann der Tabelle des betreffenden Datenblatts entnommen werden. Bei Faltenbälgen ist eine Verformung ohne Innendruckbeaufschlagung möglich. Rollbälge und Schlauchrollbälge benötigen einen Mindestdruck, um auf dem Kolben abrollen zu können. Die Höhe des Mindestdrucks ist in den Datenblättern angegeben.



Höhenanschläge

Balgzylinder müssen an den Endpunkten des Hubs mit einer Höhenbegrenzung versehen sein. Die Konstruktion des Balgzylinders ist nicht für Kräfte ausgelegt, die bei Druckbelastung ohne Last- oder Höhenanschläge auftreten. Luftdruckbefüllung ohne Belastung kann zu Schäden am Produkt und damit einer Verletzungsgefahr für Personen führen.

Kippwinkel

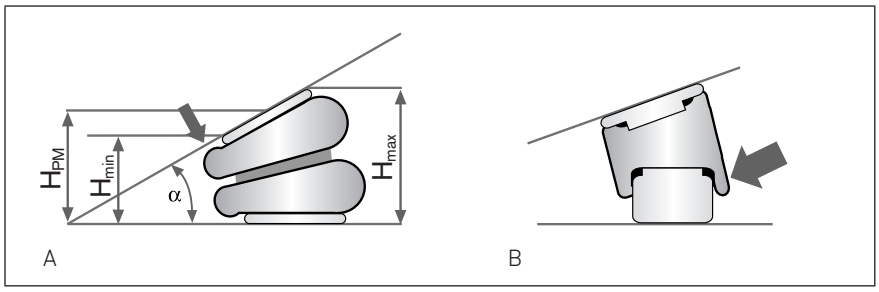


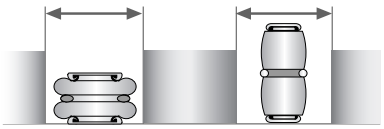
Abb. 24 Kippwinkel: A: Scheuerstellen; B: Balgwände dürfen nicht aneinander scheuern

H_{min} Minimale Höhe
H_{max} Maximale Höhe
H_{PM} Plattenmitte

Balgzylinder können ihren Hub unter einem Winkel ausführen. Hierbei ist der maximal zulässige Kippwinkel vom jeweiligen Balgtyp und der Kinematik abhängig. Als Anhaltswerte können folgende Winkel herangezogen werden:

Balgtyp	Winkel
Einfaltenbälge	10 – 20°
Zweifaltenbälge	15 – 25°
Dreifaltenbälge	15 – 30°
Rollbälge	15°

Bei der Auslegung ist zu beachten, dass an keiner Stelle die Minimalhöhe unterschritten oder die Maximalhöhe überschritten wird. Für die erforderliche Kraftbestimmung ist die Höhe in der Plattenmitte maßgebend. Im Zweifelsfall sollte AVENTICS vorab kontaktiert oder Versuche zur Kinematik durchgeführt werden.



Erforderlicher Einbauraum

Am Einbauort muss über den ganzen Hub genügend Platz für die Durchmesserveränderung des Balgs vorhanden sein.

Seitliche Berührungspunkte (Scheuerstellen) vermeiden.

3.5.4 Diagramme und Auswahlparameter

Hauptabmessungen und Anschlussmaße

Dem Kraft-Weg-Diagramm sind Angaben zur Höhe zu entnehmen. Es enthält alle wesentlichen Anschlussmaße.
Die Gewindeabmessungen finden Sie auf den Datenblättern.

Kraft-Weg-Kennlinie und Volumenkennlinie

Im Kraft-Weg-Diagramm sind alle wesentlichen Funktionswerte dargestellt:

- Die Isobaren, d. h. der Verlauf der Kraft über die Höhe bei konstantem Betriebsdruck.
- Die Volumenkurve, die den „Rauminhalt" der Luftfeder bei der jeweiligen Höhe beschreibt. Auf der x-Achse sind die relevanten Betriebshöhen eingetragen: die Minimalhöhe H_{min}, die empfohlene Höhe zur Schwingungsisolierung, die maximal empfohlene Höhe $H_{max\ r}$, bis zu der die Luftfeder uneingeschränkt verwendet werden kann, und die maximal zulässige Höhe H_{max}.
  Der Betrieb im punktierten Bereich zwischen $H_{max\ r}$ und H_{max} bedeutet unter Umständen eine erhebliche Belastung für die Luftfeder. Es wird empfohlen, vor einem Einsatz in diesem Betriebsbereich die Betriebsparameter von der Anwendungstechnik gründlich prüfen zu lassen.

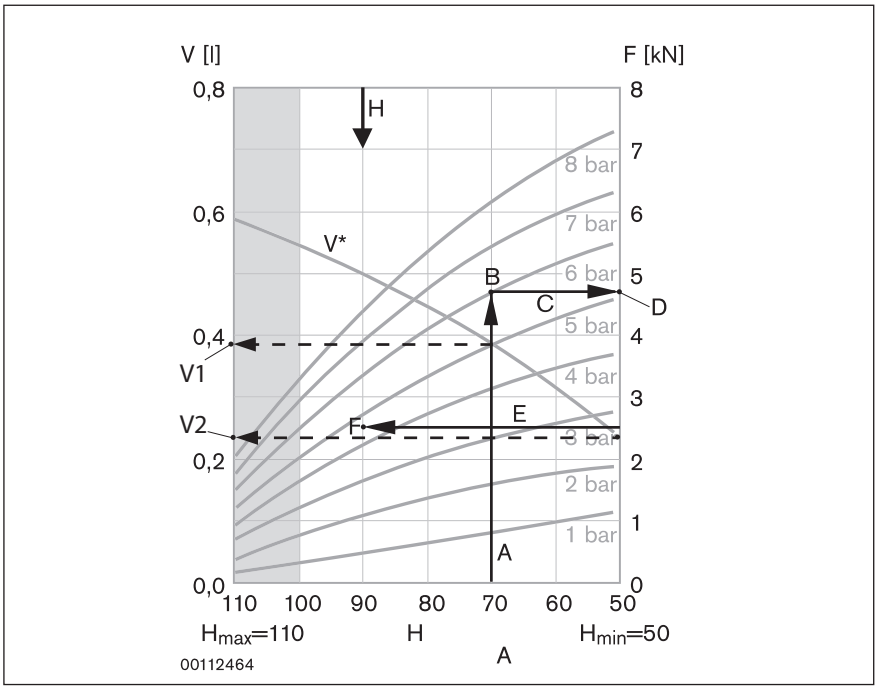


Abb. 25 Kraft-Weg-Diagramm

H Höhe [mm]
H_{min} Minimale Betriebshöhe [mm]
H_{max} Maximale Höhe [mm]
H Empfohlene Betriebshöhe für Schwingungsisolation 90 mm
V* Volumenkennlinie
V Volumen [l]

Hinweis: Bei einer Auslegung in der Grauzone bitte unbedingt Rücksprache mit Ihrem AVENTICS Ansprechpartner halten!

Beispiel zur Pneumatikanwendung

Welche Hubkraft bietet ein Balgzylinder bei 20 mm Hub und einem Betriebsdruck von 6 bar?

Lösung: Minimale Betriebshöhe = 50 mm
Hub = 20 mm
50 mm + 20 mm = 70 mm

1. Eine senkrechte Linie (**A**) durch die Höhe 70 mm legen. Diese Linie schneidet die 6-bar-Kennlinie im Punkt (**B**).
2. Eine waagerechte Linie (**C**) durch (**B**) legen. Der Schnittpunkt von (**C**) mit der Kraft-Achse ist (D), der gewünschte Wert: ca. 4,7 kN.

Welches Volumen wird dafür benötigt?

Hinweis: Nehmen Sie das Kraft-Weg-Diagramm zu Hilfe.

Lösung: Schnittpunkt der Volumenkennlinie und minimaler Höhe (50 mm) > V_2 = 0,24 l

- Schnittpunkt der Volumenkennlinie und Betriebshöhe (70 mm) > V_1 = 0,38 l
- Betriebsdruck bei minimaler Höhe P_2 = 0 bar
- Betriebsdruck bei Betriebshöhe P_1 = 6 bar

$$L = \frac{V_1 \cdot (p_1 + p_a)}{p_a} - \frac{V_2 \cdot (p_2 + p_a)}{p_a}$$

Nach nebenstehender Formel ergibt sich ein Luftverbrauch von 2,42 l, um die Last von 4,7 kN von H = 50 mm (drucklos) auf 70 mm (bei 6 bar) anzuheben.

Ablesebeispiel zur Schwingungsisolierung

Welchen Betriebsdruck benötigt ein Balgzylinder bei 2,5 kN Tragkraft?

Lösung:

- Eine waagerechte Linie (**E**) durch die Kraftachse bei 2,5 kN legen. (**E**) schneidet die Linie für die empfohlene Höhe zur Schwingungsisolierung (**H***) im Punkt (**F**). Dieser liegt zwischen der 4-bar- und 5-bar-Isobare. Der Wert wird auf etwa 4,5 bar geschätzt.

Ein exakter Wert kann durch lineare Interpolation über die Tabelle „Isolationsdiagramm" mit dem nächstliegenden Betriebsparameter bestimmt werden.

3.5.5 Auswahlparameter für Balgzylinder als Luftfedern

Für die Auswahl der richtigen Balgzylinder sind folgende Hauptkriterien zu berücksichtigen:

- Tragkraft bzw. Gesamtgewicht und Anzahl der Lagerpunkte
- Empfohlene Betriebshöhe
- Isoliergrad
- Betriebsdruck

Die nachfolgenden Beschreibungen und Erläuterungen basieren auf einem vereinfachten Feder-Masse-System und folgenden Annahmen:

- Die Federn sind dämpfungsfrei.
- Die Maschinenmasse ist klein gegenüber dem Untergrund.
- Die Maschine ist ein kompakter starrer Körper.
- Die Erregerkraft hat einen harmonischen Verlauf.

Hinweise zur Auslegung

Hinweis: Bei Fragen zur Auslegung wenden Sie sich bitte an Ihr zuständiges Regionalzentrum.

Folgende Aspekte sind für die Schwingungsisolierung relevant:

Auslegung einer Luftfeder

Luftfedern sind sehr niederfrequente Lagerelemente, die ihre Federkraft durch die Kompression des in ihnen enthaltenen Gases aufbauen. Als Maschinenlager mindern sie die Übertragung von Schwingungen und Körperschall in die Umgebung (Aktivisolierung) bzw. die Einwirkung von Schwingungen aus der Umgebung auf empfindliche Anlagen (Passivisolierung).

Eine Schwingungsdämpfung ist immer dann nötig, wenn eine Schwingungsquelle oder Störung Probleme verursacht. Die Störung kann aus der Umgebung kommen. Ein Beispiel hierfür wären Fußbodenschwingungen, die eine Koordinaten-Messmaschine so stören, dass feine Messungen nicht möglich sind. Die Störung kann auch durch ein Gerät verursacht werden. Ein Beispiel ist ein Vibrationssieb oder ein Generator. Obwohl diese Situationen auf den ersten Blick sehr unterschiedlich sind, liegt ihnen die gleiche Problematik zugrunde.

Komplettsysteme

Die Schwingungsisolierung mit Luftfedern kann als Komplettsystem bestehend aus Luftfedern, Niveauregelung und sämtlichem Zubehör bei AVENTICS bezogen werden.

Tragkraft

Bei der Auswahl der Balgzylinder sollte eine Tragkraftreserve vorgesehen werden, um eine asymmetrische Lastverteilung oder abweichende Gewichte kompensieren zu können. Die Luftfedern sind so konstruiert, dass sie dynamische Lasterhöhungen aus Betriebsschwingungen zusätzlich aufnehmen können.

Empfohlene Betriebshöhe

Balgzylinder entwickeln ihre Tragkraft durch variablen Innendruck. Daher gibt es bei Balgzylindern keine statische Einfederung, vergleichbar mit Stahl- oder Elastomerfedern. Eine direkte Beziehung zwischen aufgebrachter Last und Höhe besteht nicht. Veränderungen der Einfederung durch variierende Lasten können durch Anpassung des Betriebsdrucks ausgeglichen werden.

$f_2 > \sqrt{2} \times f_n$

Isoliergrad

Der Isoliergrad beschreibt das Maß der Isolierung von Schwingungserregungen. Grundsätzlich ist eine Schwingungsisolierung nur dann gegeben, wenn die Erregerfrequenz mindestens um das 1,4-fache größer ist als die jeweilige Eigenfrequenz.

Der Isoliergrad kann aus folgendem Diagramm mit den Parametern Eigenfrequenz und Erregerfrequenz abgelesen werden.

Ein Isoliergrad von beispielsweise 98 % bedeutet, dass lediglich 2 % der Erregerkräfte durch die Balgzylinder übertragen werden; 98 % der Anregungen werden isoliert.

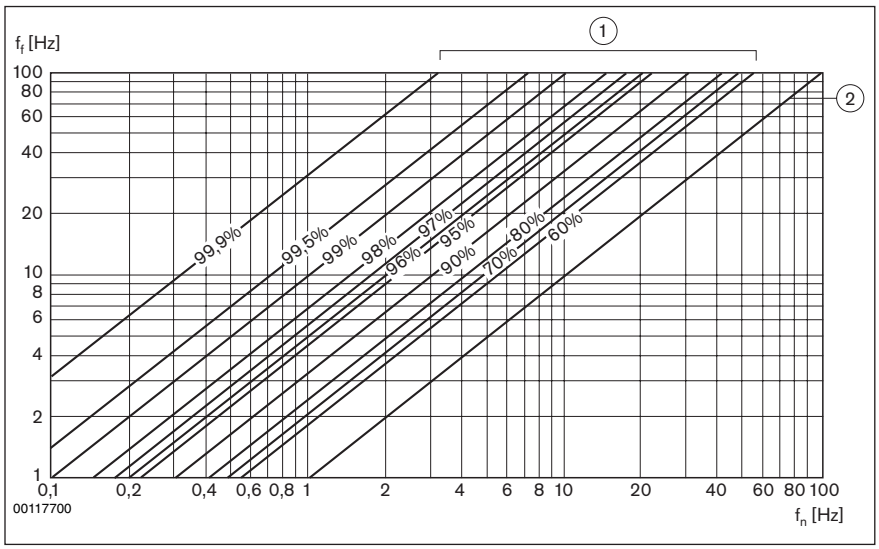


Abb. 26 Isolationsdiagramm

f_n	Natürliche Frequenz	1	Isolation [%]
f_f	Störfrequenz	2	Resonanz

Betriebsdruck

Der erforderliche Betriebsdruck in Abhängigkeit von der Traglast und der Betriebshöhe kann dem Datenblatt entnommen werden. In der Regel ist der Balgzylinder richtig dimensioniert, wenn der Betriebsdruck zwischen 4 und 6 bar liegt.

Es muss geprüft werden, ob der vor Ort zur Verfügung stehende Leitungsdruck – unter Berücksichtigung von Druckschwankungen und Verlusten in Armaturen – ausreicht.

Soweit nicht anders vermerkt, sind sämtliche Druckangaben als Überdruck zu verstehen.

3.5.6 Formelsammlung Balgzylinder

$$p \times V^K = con$$

Thermodynamische Zustandsänderung:

Für dynamische Federvorgänge: K = 1,4 (für Luft)

$$p_2 = (p_1 + p_a) \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^K$$

Druckänderung von p_1 auf p_2:

Druckänderung infolge adiabatischer Federvorgänge von Höhe 1 auf Höhe 2 bei Volumen V_1 und V_2: siehe Katalog.

$$L = \frac{V_1 \times (p_1 + p_a)}{p_a} - \frac{V_2 \times (p_2 + p_a)}{p_a}$$

Luftverbrauch:

Luftverbrauch bei Federvorgängen von Höhe 1 auf Höhe 2 bei Volumen V_1 und V_2: siehe Datenblatt

Formelzeichen [Einheit]	Begriff
L [l]	Luftverbrauch pro Hub
p_a [bar]	Umgebungsdruck ~ 1 bar
p [bar]	Betriebsüberdruck
p_1 [bar]	Überdruck im Betriebspunkt 1
p_2 [bar]	Überdruck im Betriebspunkt 2
V [l]	Volumen im Betriebspunkt
V_1 [l]	Volumen im Betriebspunkt 1
V_2 [l]	Volumen im Betriebspunkt 2
K	Polytropenexponent

3.6 Drehantriebe

3.6.1 Zahnstangenantriebe

Drehmodule, Serie RCM

Drehmodule der Serie RCM lassen sich für alle standardisierten Dreh- und Schwenkbewegungen konfigurieren.

Drehzylinder, Serie TRR

Die doppelt wirkenden Drehzylinder mit Dämpfung sind als pneumatische Antriebe für geradlinige Bewegungen einsetzbar. Drehbewegung und Krafterzeugung des Antriebs erfolgen über das Druckmittel, welches durch die Anschlussöffnungen in die Druckkammern eingebracht wird.

3.6.2 Drehflügelantriebe

Drehflügelantriebe, Serie RAN

Drehantriebe, Serie RAN, mit Flügelzellentechnologie und Festanschlag

Der vielseitig einsetzbare Drehantrieb RAN bietet ein hohes Drehmoment bei gleichzeitig geringem Gewicht und geringer Leckage. Die Produktserie umfasst außerdem Einheiten mit vormontierten, kompakten Sensorgehäusen.

3.6.3 Rundschalttische

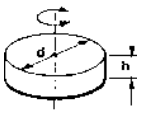
Rundschalttisch, Serie RWT

Der Rundschalttisch RWT dient dazu, die Energie der Druckluft in eine drehende Bewegung und Kraft umzuwandeln.

Der Rundschalttisch RWT von AVENTICS verbindet hochwertige mechanische und pneumatische Antriebselemente mit einem zuverlässig und exakt arbeitenden Sperrklinkenmechanismus. Er bietet eine kontinuierliche Drehung auch über 360° hinaus – das macht eine Rücktaktung überflüssig und spart Zeit.

3.6.4 Formelsammlung Drehantriebe

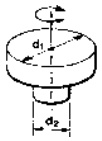
Massenträgheitsmoment J für verschiedene Objekte



Scheibe

$$J = \frac{m \times d^2}{8}$$

d	Durchmesser [m]
m	Masse [kg]

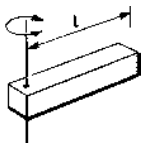


Abgesetzte Scheibe

$$J = \frac{m_1 \times d_1^{\,2} + m_2 \times d_2^{\,2}}{8}$$

d_1, d_2	Durchmesser [m]
m_1, m_2	Anteilige Masse [kg]

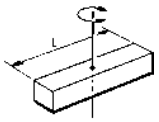
Wenn d_2 viel kleiner ist als d_1, dann ist der Wert von d_2 vernachlässigbar.



Welle, an einem Ende drehbar

$$J = \frac{m \times l^2}{3}$$

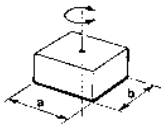
l	Stablänge [m]
m	Masse [kg]



Welle, zentral gelagert

$$J = \frac{m \times l^2}{12}$$

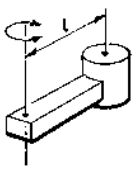
l	Stablänge [m]
m	Masse [kg]



Rechteckiger Block

$$J = \frac{m \times (a^2 + b^2)}{12}$$

a, b	Seitenlängen [m]
m	Masse [kg]



Welle mit Last

$$J = m_1 \times l^2 + \frac{m_2 \times l^2}{3}$$

l	Armlänge [m]
m_1	Masse der konzentrierten Last [kg]
m_2	Masse des Arms [kg]

Wenn m_2 wesentlich kleiner ist als m_1, wird m_2 als 0 für die Berechnungszwecke angenommen.

Hubzeit t

Berechnung des erforderlichen Drehmoments bei gegebener Zeit. Die maximale Frequenz ist 0,4 Hz für einen Doppelhub von 2 × 270°.

Allgemeine Formel:

$M_t = M_\alpha + M_{TP} + M_E$ Enthalten sind

Drehmoment Mα in Bezug zur Trägheit:

$$M_\alpha = K \times J \times \frac{\varphi \times 2\pi}{306 \times t^2}$$

K = Konstante = 2

J = Trägheitsmoment [kg × m²]

φ = Drehwinkel [°]

t = Zeit [s]

Drehmoment M_{TP}, wenn Belastung außermittig:

$M_{TP} = K \times m_{TP} \times 9.81 \times L_T$

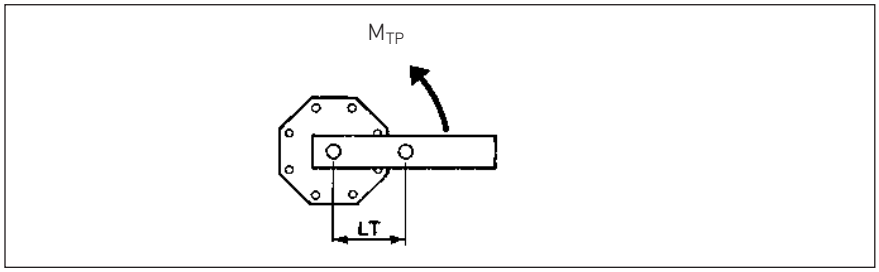


Abb. 27 Drehmoment M_{TP}

K = Konstante = 5 m_{TP} = Masse [kg]

L_T = Drehmoment am Arm [Nm]

Externes Drehmoment M_E, falls vorhanden:

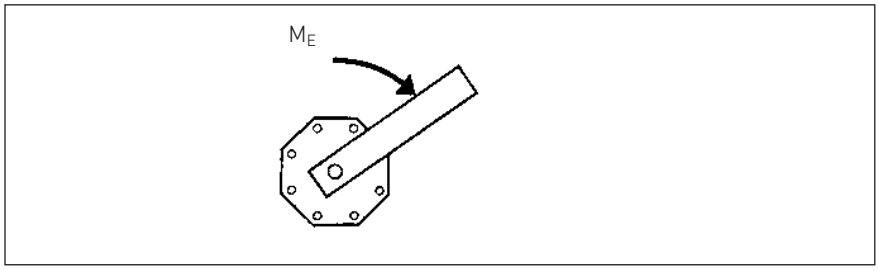


Abb. 28 Drehmoment M_E

M_E = Istwert [Nm]

4 Anwendungen

4.1 Auslegung Zylinderantrieb ohne Kolbenstange am Beispiel des Schlitzzylinders RTC

Arbeitsgänge bei der Auslegung von RTC

1. Anwendungsbereich festlegen.
2. Hebelarme Lx, Ly, Lz [m], Massen m [kg] und Geschwindigkeit v [m/s] für die Anwendungen festlegen.
3. Geeigneten Zylinder auswählen (www.aventics.com/pneumatics-catalog).

Grundlagen zur Auslegung

- **Betriebsdruck p:**
  Als Grundlage dient immer ein Druck von 6 bar.
- **Geschwindigkeit v:**
  Wird eine Bewegungsgeschwindigkeit von v ≤ 0,7 m/s überschritten, muss die tatsächliche Masse mit dem Korrekturfaktor von 2 × v^2 multipliziert werden. Die Berechnungen müssen dann mit der korrigierten Masse weitergeführt werden.
- **Zykluszeit t:**
  Um eine einwandfreie pneumatische Steuerung der Kolbenbewegung gewährleisten zu können und das Störungsrisiko – z. B. beim Start – zu verringern, sollte das Massen-/Flächen-Verhältnis m/A (m = kg und A = cm^2) bei waagrechter Anwendung ≤ 4 kg/cm^2 und bei senkrechter Anwendung ≤ 2 kg/cm^2 sein.

Auslegungsbeispiel:

Ein RTC mit Ø 63 mm und einer Hublänge S von 200 mm soll eine Masse m von 45 kg vertikal nach oben bewegen. Ermitteln Sie die Zykluszeit für einen Einzelhub, wenn die maximale Geschwindigkeit v des Zylinders 0,7 m/s betragen soll.

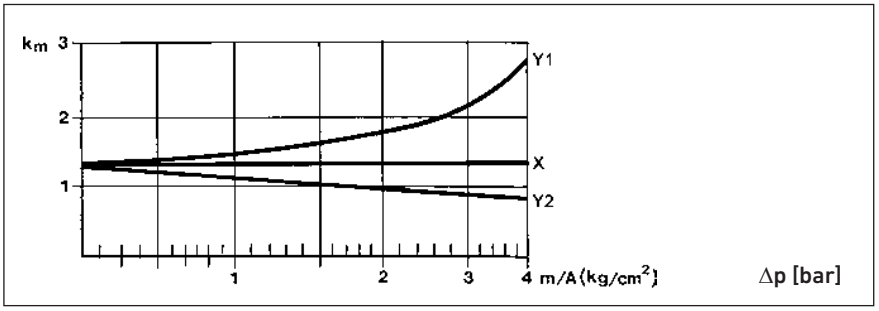


Abb. 29 Diagramm: Korrekturfaktor k_m, Massen-Flächen-Verhältnis m/A

1. Massen-Flächen-Verhältnis m/A berechnen:

$$m/A = \frac{m}{d^2 \times \pi} \times 4 = \frac{45\ kg}{(6{,}3\ cm)^2 \times \pi} \times 4 = 1{,}5\ kg/cm^2$$

2. Korrekturfaktor k_m ermitteln:

X horizontale Bewegung

Y1 vertikale Bewegung „nach oben“

Y2 vertikale Bewegung „nach unten“

Δp Druckabfall (Skala: Δp = m/A)

Außerdem geht aus dem Diagramm hervor, dass ein Druckabfall von ca. 1,5 bar über dem Zylinderkolben notwendig ist, um die Masselast zu überwinden.

3. Zykluszeit t berechnen:

$$t = \frac{k_m \times S}{1000 \times v} = \frac{1{,}575 \times 200\ mm}{1000 \times 0{,}7\ m/s} = 0{,}45\ s$$

t [s] = Zykluszeit

S [mm] = Hub

v [m/s] = Geschwindigkeit

k_m = Korrekturfaktor

Hinweis: Einschränkung: Die Genauigkeit ist bei Kurzhubzylindern reduziert.

- In vielen Fällen ist die Geschwindigkeit v des Zylinders nicht bekannt, sondern nur die Zykluszeit t. Mit dem Diagramm „Korrekturfaktor k_m" kann eine Übertragung erfolgen.
- Hinsichtlich der Diagramme für die Auslegung der Dämpfung müssen die Berechnungen auf Grundlage der tatsächlichen Masse m erfolgen. Wenn die Dämpfungsleistung eines Zylinders ungenügend ist, muss entweder ein größerer Zylinder oder externe Stoßdämpfer verwendet werden, die in der Mitte der zu dämpfenden Masse zu installieren sind.
- Die Werte der AVENTICS Führung beinhalten Fälle mit massiven Stoßbelastungen.
- Spiel, Steifigkeit und maximaler Wirkungsgrad der Zylinder sollten ebenfalls bei der Auswahl des geeigneten Zylinders berücksichtigt werden.

Steuerung von kolbenstangenlosen Zylindern

Die Steuerung der kolbenstangenlosen Zylinder muss so realisiert werden, dass eine einwandfreie und zuverlässige pneumatische Dämpfung selbst nach Druckausfall oder bei Systemneustart gewährleistet ist. Das ist jedoch nur möglich, wenn die Sekundärkammer des Zylinders unter Druck steht.

Geschwindigkeit und Dämpfung einstellen

Die Dämpfung, d. h. der Aufprall des Kolbens auf die Zylinderdeckel, wird mit der Dämpfungsschraube des Zylinders eingestellt.

Beim Einstellen der Dämpfung muss der Zylinder wie im normalen Betrieb beladen sein, und die Geschwindigkeit muss schrittweise auf die gewünschte Betriebsgeschwindigkeit erhöht werden.

Die Geschwindigkeitssteuerung erfolgt normalerweise, indem die Abluft aus den Zylinderkammern mittels eines Drosselrückschlagventils gedrosselt wird.

Zur Einstellung der richtigen/gewünschten Geschwindigkeit wird die Verwendung eines VTM (Velocity Time Meter, Geschwindigkeits-Zeit-Messer) empfohlen. Der VTM ist ein optionales Zubehör, das bei AVENTICS bestellt werden kann (unter www.aventics.com/pneumatics-catalog).

Hinweis: Bei richtig eingestellter Dämpfung erreicht der Kolben seine Endlage ohne Zurückprallen oder Aufschlagen auf den Deckel. AVENTICS unterstützt Sie gern bei der Optimierung der Dämpfungseinstellung.

Führungsübersicht: RTC

- **RTC-BV**: Basic Version mit interner Führung
- **RTC-CG**: Compact Guide mit kompakter Kugelschienenführung
- **RTC-HD**: Heavy Duty mit verstärkter Kugelschienenführung
- **CKP**: Compact module K (Kugelschienenführung), Pneumatic drive, kolbenloser Zylinder mit doppelten Kugelschienenführungen
- **CKP-CL**: Compact module K (Kugelschienenführung), Pneumatic drive – camoLINE, kompatibel mit Baukasten für Handlingsysteme

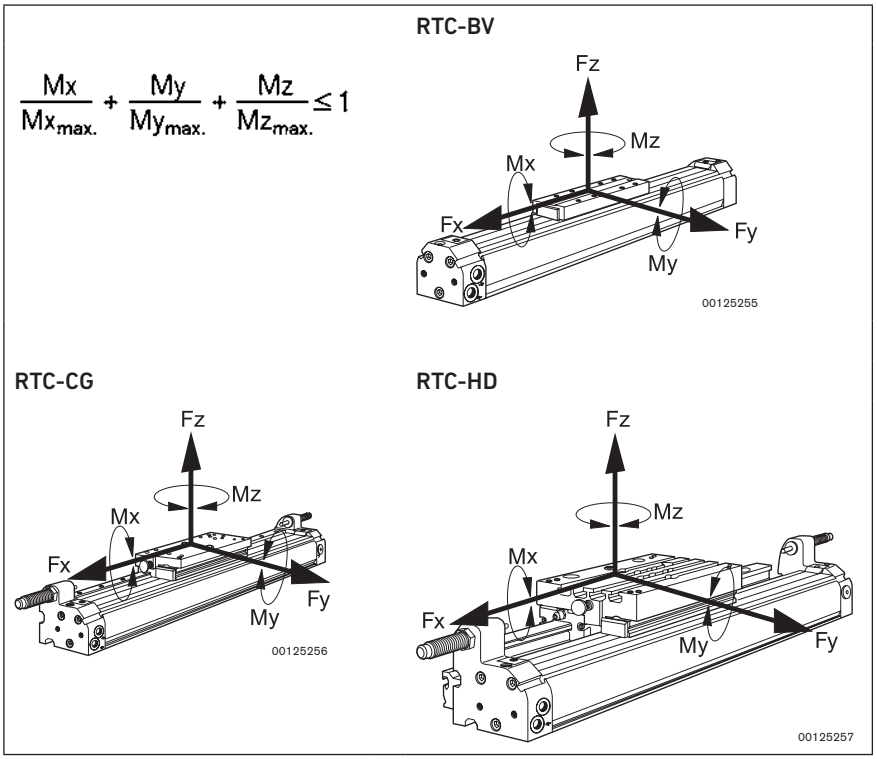


Abb. 30 Zulässige Kräfte Fx, Fy, Fz und Momente Mx, My, Mz

Statisch							Dynamisch		
Kolben-Ø	**Fx [N]**	**Fy [N]**	**Fz [N]**	**Mx [Nm]**	**My [Nm]**	**Mz [Nm]**	**Mx [Nm]**	**My [Nm]**	**Mz [Nm]**
16	800	150	1100	2	25	8	0,42	10	2
25	1800	210	3800	6	50	12	1	24	3
32	2200	550	6600	18	80	43	3,8	42	12
40	3500	650	8000	28	140	55	6	75	15
50	5000	750	9000	35	230	70	9,1	128	20
63	6800	850	13000	45	340	90	14,5	195	24
80	9500	1000	13000	55	500	110	20	300	28

Tab. 4 RTC-BV

Statisch				Statisch und dynamisch		
Kolben-Ø	**Fx [N]**	**Fy [N]**	**Fz [N]**	**Mx [Nm]**	**My [Nm]**	**Mz [Nm]**
16	744	744	744	4	30	30
25	1456	1456	1456	10	78	78
32	1840	1840	2646	22	158	110
40	1640	1640	4284	36	284	109

Tab. 5 RTC-CG

Statisch				Statisch und dynamisch		
Kolben-Ø	**Fx [N]**	**Fy [N]**	**Fz [N]**	**Mx [Nm]**	**My [Nm]**	**Mz [Nm]**
16	1640	1640	4284	34	138	53
25	2640	2640	7810	100	336	114
32	3760	3760	9952	154	502	190
40	6840	6840	13922	254	764	376
50	6840	6840	13922	254	924	455
63	6840	6840	13922	254	1120	551

Tab. 6 RTC-HD

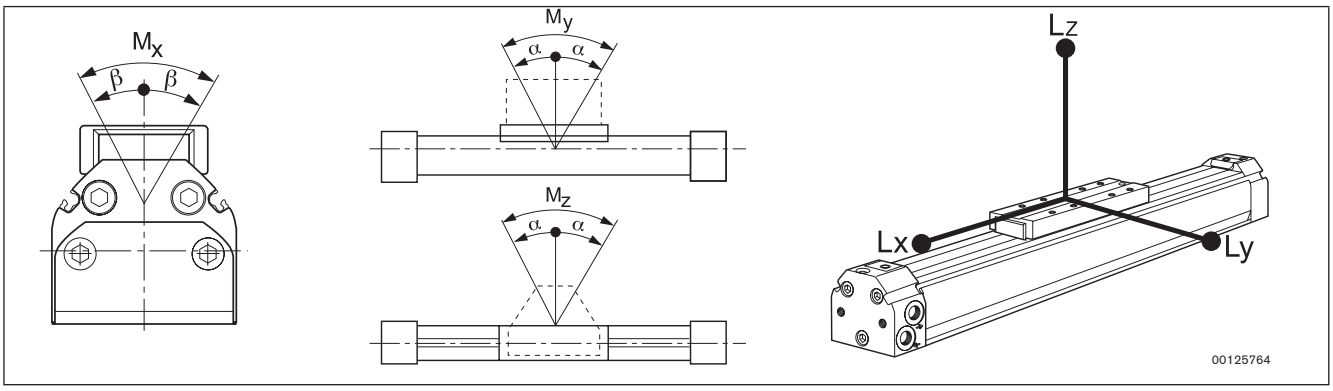


Abb. 31 Max. Spiel und empfohlene max. Hebelarmlänge

Momentenauslegung

Die Diagramme auf den folgenden Seiten zeigen die zulässige Masse m als Funktion der Hebelarmlänge Lx, Ly, Lz. Für Anwendungen außerhalb der zulässigen Grenzwerte setzen Sie sich bitte mit unserer Niederlassung in Verbindung.

Kolben-Ø	α	β	Lx	Ly	Lz
16	0,5°	2,0° ±1°	162	94	162
25	0,5°	2,0° ±1°	217	123	217
32	0,6°	1,5° ±0,5°	240	139	240
40	0,4°	1,0° ±0,3°	275	158	275
50	0,4°	1,0° ±0,3°	317	181	317
63	0,3°	1,0° ±0,3°	368	209	368
80	0,3°	1,0° ±0,3°	435	245	435

Tab. 7 Momente, RTC-BV (Basic Version) mit interner Führung

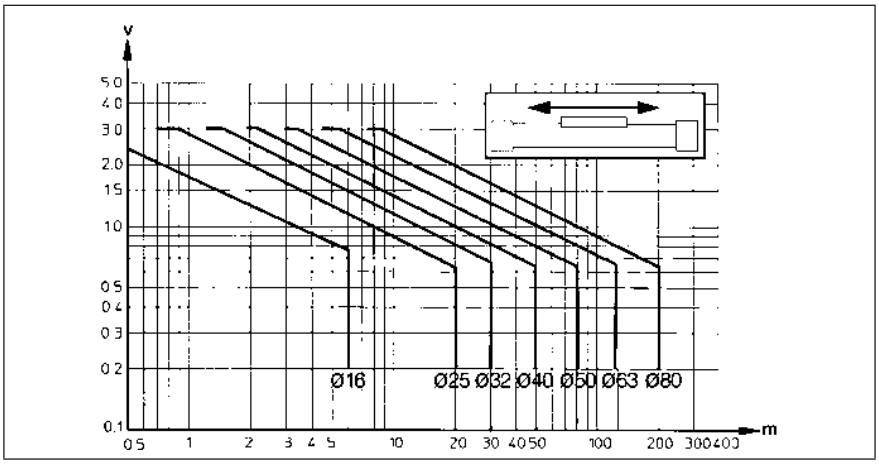


Abb. 32 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei waagrechter Montage

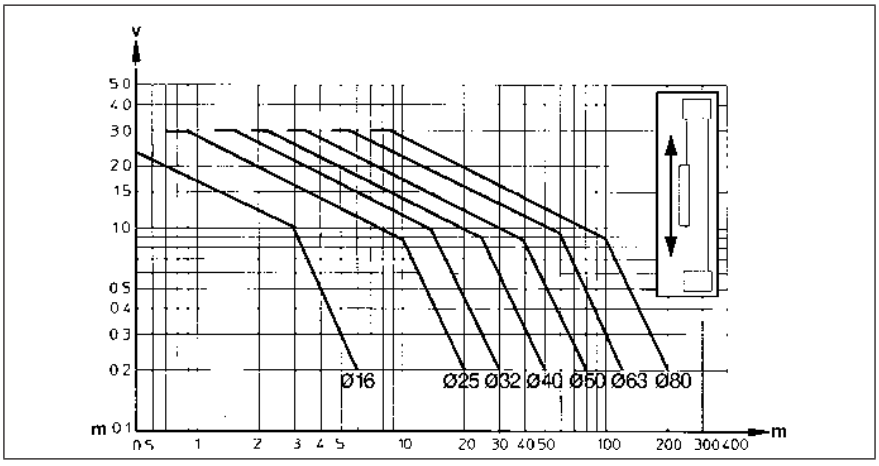


Abb. 33 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei senkrechter Montage

v Kolbengeschwindigkeit [m/s]

m Dämpfbare Masse [kg]

Die Werte für die dämpfbare Masse m und die Kolbengeschwindigkeit v müssen unter oder auf der Kurve des ausgewählten Kolbendurchmessers liegen.

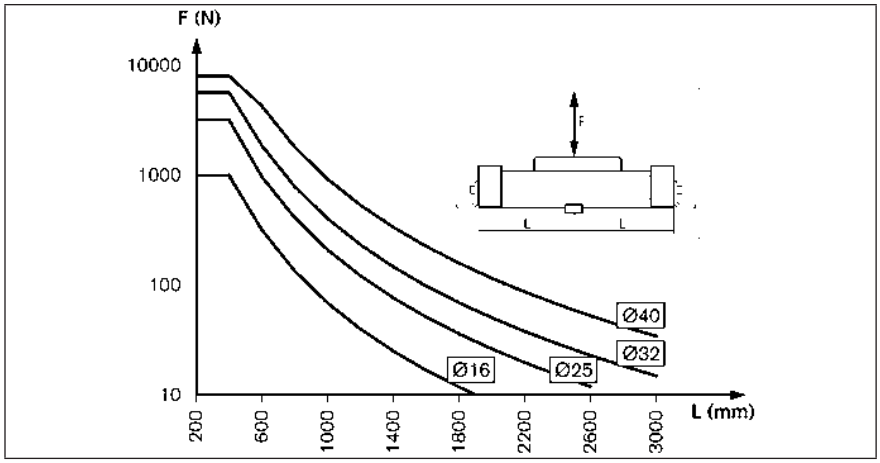


Abb. 34 Stützlänge L [mm] als Funktion von F [N] bei 0,5 mm Durchbiegung, Teil 1

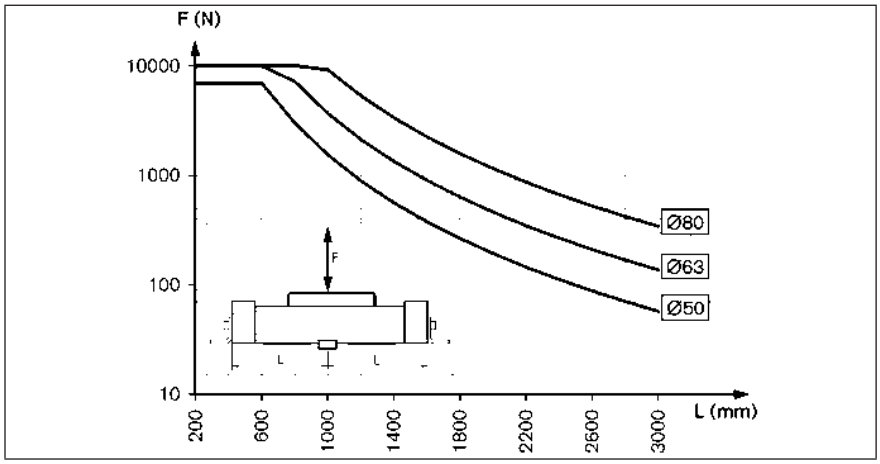


Abb. 35 Stützlänge L [mm] als Funktion von F [N] bei 0,5 mm Durchbiegung, Teil 2

Kolben-Ø	α	β	Lx	Ly	Lz
16	<0,1°	<0,2°	328	328	328
25	<0,1°	<0,2°	424	424	424
32	<0,1°	<0,2°	480	480	480
40	<0,1°	<0,2°	532	532	532

Tab. 8 Momente RTC-CG (Compact Guide) mit kompakter Kugelschienenführung

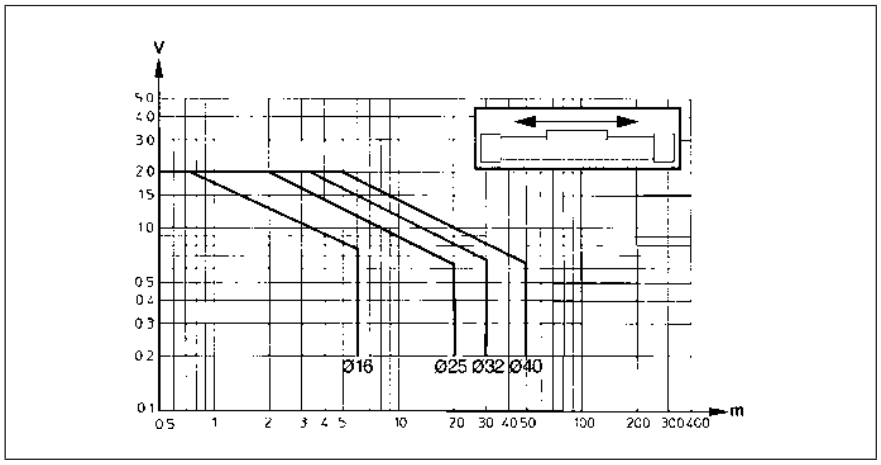


Abb. 36 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei waagrechter Montage

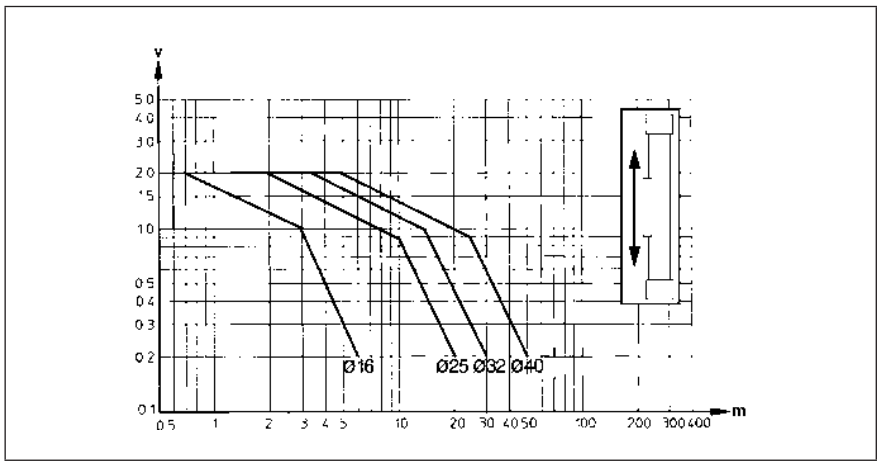


Abb. 37 Begrenzungsdiagramm für pneumatische Dämpfung bei senkrechter Montage

v Kolbengeschwindigkeit [m/s]

m Dämpfbare Masse [kg]

Die Werte für die dämpfbare Masse m und die Kolbengeschwindigkeit v müssen unter oder auf der Kurve des ausgewählten Kolbendurchmessers liegen.

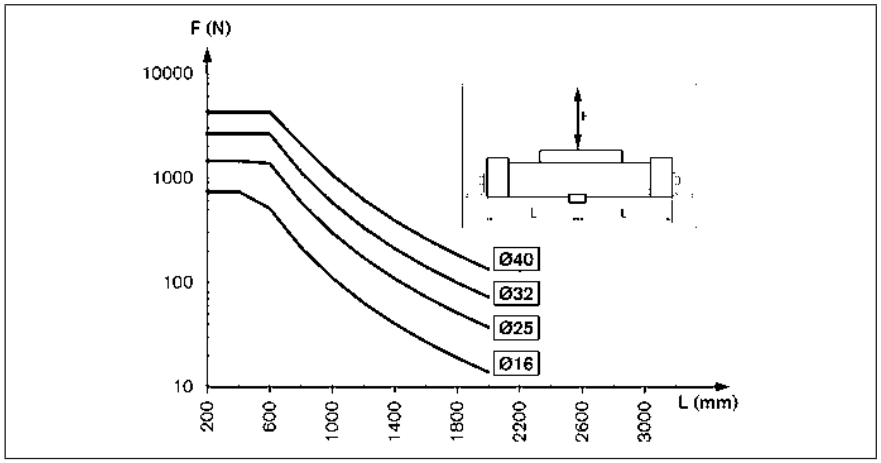


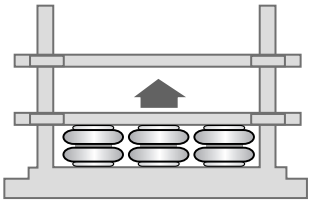
Abb. 38 Max. Stützlänge L [mm] als Funktion von F [N] bei 0,5 mm Durchbiegung

4.2 Balgzylinder: Anwendungsbereiche Pneumatik

Balgzylinder sind besonders für den Einsatz in folgenden Branchen geeignet:

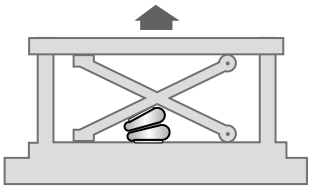
- Fördertechnik
- Landwirtschaftsmaschinen
- Lebensmittelindustrie
- Papier- und Textilmaschinen
- Sägewerksmaschinen
- Stanz- und Umformpressen

Beispiele



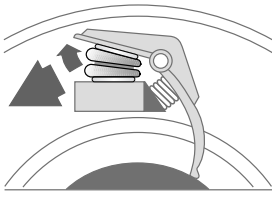
Furnierpresse

Einfaches Vervielfachen der Hubkraft durch Parallelschalten mehrerer Balgzylinder



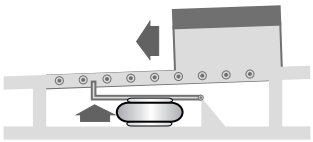
Scherenhubtisch

Kippwinkel bis zu 30° realisierbar



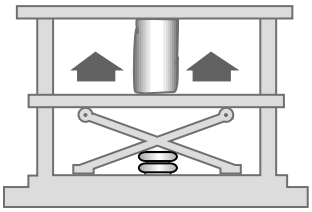
Holzentrindungsmaschine

Hohe Anpresskraft und Flexibilität; lange Lebensdauer trotz rauer Umgebungsbedingung



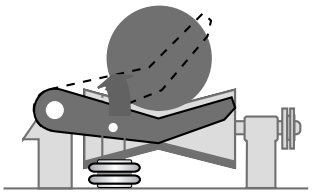
Stopper

Niedrige Mindesthöhe; schnelle Hubbewegung



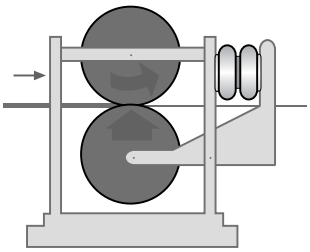
Presse

Einfach regelbare Druckkraft über einen weiten Hubbereich



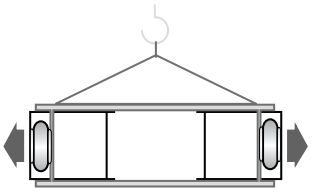
Transport-Übergabevorrichtung

Großer Hub; lange Lebensdauer trotz rauer Umgebungsbedingung



Walzenspanner

Anpressen der Walzen; Ausgleich von Unregelmäßigkeiten im zu behandelnden Material durch die Federeigenschaften der Balgzylinder



Klemmvorrichtung

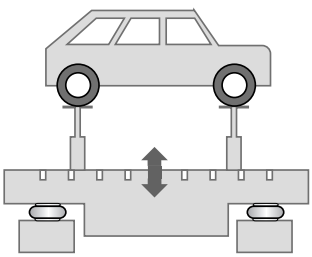
Kein Austritt von umweltschädlichen Medien bei Beschädigung des Balgzylinders

4.3 Balgzylinder: Anwendungsbereiche Schwingungsisolierung

Balgzylinder werden besonders in folgenden Anwendungen eingesetzt:

- Dieselmotoren, Generatoren
- Fahrzeugprüfstände
- Fundamentlagerungen
- Messmaschinen
- Schwermaschinen
- Waschmaschinen
- Webmaschinen

Beispiel



Prüfstandslagerung

Vertikale Eigenfrequenz von ca. 1,5 Hz, bei Bedarf von ca. 0,5 Hz. Vermeidung von Resonanzen durch Verstimmung der Federwerte. Niveauregelung zur waagerechten Ausrichtung

III Stoßdämpfer

1	**Einführung**	**66**
2	**Technische Grundlagen**	**67**
2.1	Einwirkende Kraft des Stoßdämpfers auf umgebende Maschinenkomponenten	67
2.2	Wärmeableitung	67
2.3	Parallelbetrieb von Stoßdämpfern	67
2.4	Einstellung von Stoßdämpfern	68
2.5	Dämpfung	68
2.6	Auslegung von Stoßdämpfern	68
2.7	Formelsammlung Stoßdämpfer	69
3	**Produkte**	**72**
3.1	Serie SA1	72
3.2	Serie SA2	74
3.3	Serie 370	74

1 Einführung

Die Stoßdämpfer sollen eine Masse schnell, sanft und zerstörungsfrei abbremsen.

Bei Belastung dringt die Kolbenstange in den Stoßdämpfer ein und verdrängt Hydrauliköl im Druckrohr durch Drosselöffnungen in den Speicher.

Die Anzahl der wirksamen Drosselöffnungen nimmt proportional zum Hub ab. Staudruck und Gegenkraft bleiben während des gesamten Hubs annähernd gleich. Die Einfahrgeschwindigkeit verringert sich damit konstant. Bei Entlastung drückt die Feder die Kolbenstange zurück. Das Öl strömt in das Druckrohr zurück. Die Kolbenstange fährt aus. Bei einstellbaren Stoßdämpfern (z. B. Serie SA1-MA) kann die Drosselbohrungsfläche durch Drehen an der Stellschraube verändert werden.

2 Technische Grundlagen

2.1 Einwirkende Kraft des Stoßdämpfers auf umgebende Maschinenkomponenten

Die Dämpfungskraft F_d, die auf andere Maschinenkomponenten übertragen wird, erhält man mit nebenstehender Formel:

$$F_d = F + \frac{W_k}{s_d}$$

F_d = Dämpfungskraft

F = Treibende Kraft

W_k = Kinetische Energie

s_d = Dämpfungshub

2.2 Wärmeableitung

Die Wärmeableitung des Dämpfers kann durch Luftkühlung verbessert werden, z. B. durch die Austrittsluft des Druckluftzylinders, der die gebremste Masse antreibt. Besonders wirkungsvoll wird die Kühlung, wenn die Kühlluft den Dämpfer umfließt. Es sollte vermieden werden, die Dämpfer anzustreichen, da dies die Wärmeableitungskapazität der Einheit verschlechtert.

2.3 Parallelbetrieb von Stoßdämpfern

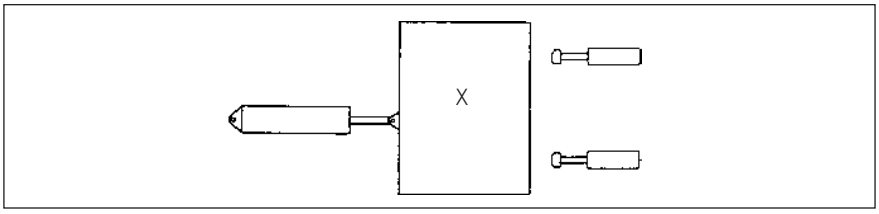


Abb. 1 Schwerpunkt: Parallelbetrieb von Stoßdämpfern

X Schwerpunkt

In bestimmten Fällen wird man zwei Dämpfer parallel betreiben wollen. Ein Grund dafür kann sein, dass man aus Konstruktionsgründen dazu gezwungen ist, ein Maschinenteil mit zwei Dämpfern abzubremsen.

Bei der Einstellung von zwei parallel betriebenen Dämpfern ist es wichtig, die Anlage so zu trimmen, dass beide Dämpfer gleich viel Masse abbremsen, denn ansonsten besteht Überlastungsgefahr.

Die Anzahl der benötigten Stoßdämpfer kann auch mit dem Online-Berechnungsprogramm ermittelt werden.

2.4 Einstellung von Stoßdämpfern

Es gibt selbsteinstellende und einstellbare Stoßdämpfer.

Die **selbsteinstellenden Stoßdämpfer** (SA1-MC, SA2) gleichen selbsttätig die unterschiedlichen Auswirkungen von Kraft, Masse und Geschwindigkeit aus.

Die **einstellbaren Stoßdämpfer** (SA1-MA, Serie 370) von AVENTICS sind von 1-8 (SA1) oder 1-5 (Serie 370) gradiert, wobei 1 weiche Dämpfung bedeutet und 5 bzw. 8 harte Dämpfung. Der Einstellring kann um eine unbegrenzte Anzahl von Umdrehungen gedreht werden. Für die Einstellung ist jedoch nur der graduierte Bereich zu verwenden. Die Einstellung ist abhängig von Masse m und Geschwindigkeit v der Last. Je höher die Geschwindigkeit und je geringer die Masse, desto kleiner ist die Einstellung.

2.5 Dämpfung

Ein korrekt eingestellter Stoßdämpfer bewirkt eine praktisch gleichbleibende Dämpfungskraft während des Dämpfungshubs s_d. Die Geschwindigkeit v sinkt entlang der Parabelkurve.

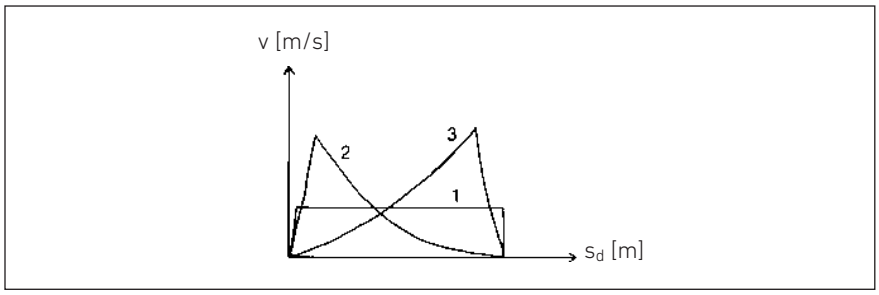


Abb. 2 Diagramm: Geschwindigkeit, Dämpfungshubs

1 Korrekt eingestellter Dämpfer

2 Zu stark gedrosselter Dämpfer

3 Zu wenig gedrosselter Dämpfer

Wird der Stoßdämpfer zu stark gedrosselt, so wird die Dämpfungskraft am Anfang des Hubs s_d zu groß. Wenn der Stoßdämpfer zu wenig gedrosselt wird, erhält man eine Kraftspitze am Ende des Hubs s_d. Wenn ein pneumatischer Zylinder eine treibende Kraft auf den Dämpfer ausübt, muss die Drosselschraube im integrierten Dämpfungsgerät des Zylinders ganz geöffnet sein.

2.6 Auslegung von Stoßdämpfern

Für die Auswahl eines Industriestoßdämpfers müssen folgende drei Angaben gemäß Leistungstabelle erfüllt sein:

- **Energieaufnahme pro Hub [Nm]**
  Der Wert gibt das zulässige Energieaufnahmevermögen des Stoßdämpfers an. Er setzt sich zusammen aus kinetischer Energie (W_K) und Antriebsenergie (W_A).
- **Energieaufnahme pro Stunde [Nm/h]**
  Die Energieaufnahme pro Stunde ist das Produkt aus Energieaufnahme pro Hub multipliziert mit den Hüben pro Stunde. Da bei hydraulischen Industriestoßdämpfern die Energie in Wärme umgesetzt wird, schützt dieser Wert den Dämpfer vor zu starker Erwärmung.
- **Effektive Masse [kg]**
  Nachdem mit der Energieaufnahme pro Hub und Stunde die Größe des Stoßdämpfers festgelegt wurde, wird mit der effektiven Masse der Härtegrad der Dämpfung bestimmt. Im Gegensatz zur tatsächlichen Masse berücksichtigt diese auch z. B. zusätzliche pneumatische Antriebskräfte.

2.7 Formelsammlung Stoßdämpfer

Wichtige Abkürzungen – Eingabedaten

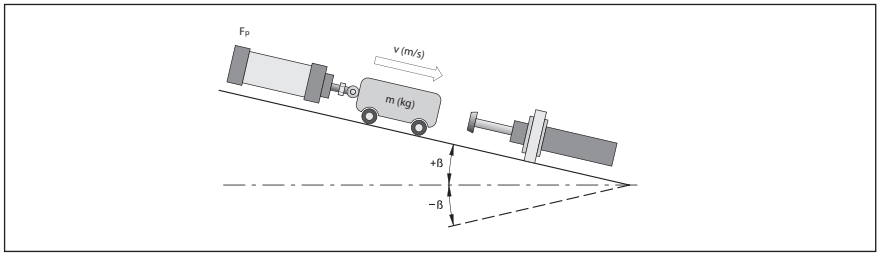


Abb. 3 Parameterübersicht

W_k = Kinetische Energie [Nm]

W_A = Antriebsenergie [Nm]

W_{kg} = Gesamtenergie, $W_k + W_A$ [Nm]

$W_{kg/h}$ = Gesamtenergie pro Stunde [Nm/h]

m = Abzubremsende Masse [kg]

m_e = Effektive Masse [kg]

v = Aufprallgeschwindigkeit am Stoßdämpfer [m/s]

n = Anzahl der Hübe pro Stunde [1/h]

s_d = Dämpfungshub [m]

β = Neigungswinkel

F_P = Pneumatische Antriebskraft [N]

g = Erdbeschleunigung (9,81 m/s^2)

Mit diesen Eingabedaten kann man einen angemessenen Stoßdämpfer durch Berechnung der Energie pro Zyklus pro Stunde und des effektiven Gewichts ermitteln.

$W_k = \frac{m \times v^2}{2}$	Kinetische Energie
$W_A = F_P \times s_d$	Masse mit Antriebskraft waagrecht
$W_A = (F_P + m \times g) \times s_d$	Masse mit Antriebskraft senkrecht nach unten
$W_A = (F_P - m \times g) \times s_d$	Masse mit Antriebskraft senkrecht nach oben
$W_A = (F_P + m \times g \times \sin \beta) \times s_d$	Masse mit Antriebskraft auf schiefer Ebene
$W_{kg} = W_k + W_A$	Gesamtenergie
$W_{kg/h} = W_{kg} \times n$	Gesamtenergie pro Stunde
$m_e = \frac{2 \times W_{kg}}{v^2}$	Effektive Masse

Abb. 4 Parameterberechnung

Beispiel zur Stoßdämpferberechnung

Der passende Stoßdämpfer kann manuell oder mit Hilfe des Kalkulationsprogramm berechnet werden.

Beispiel: Manueller Rechenweg:

Gegeben:

$m = 5$ kg $\quad F_P = 500$ N

$n = 60$ Zyklen/h $\quad v = 1$ m/s

$s_d = 8$ mm (frei gewählt)

$W_k = \frac{m \times v^2}{2}$	$= \frac{5\text{ kg} \times 1\text{m/s}}{2}$	= 2,5 Nm	Kinetische Energie
$W_A = F_P \times s_d$	500 N x 0,008 m	= 4 Nm	Masse mit Antriebskraft waagrecht
$W_{kg} = W_k + W_A$	2,5 Nm + 4 Nm	6,5 Nm ①	Gesamtenergie
$W_{kg/h} = W_{kg} + n$	6,5 Nm + 60 1/h	= 390 Nm/h ②	Gesamtenergie pro Stunde
$m_e = \frac{2 \times W_{kg}}{v_2}$	$= \frac{2 \times 6{,}5\text{ Nm}}{(1\text{ m/s})^2}$	= 13 kg ③	Effektive Masse

Ermittlung des Stoßdämpfers:
Gleichen Sie das Rechenergebnis mit den technischen Daten ab.

	Typ	Hub	Effektive Masse m_e min./max.	Rückhol-federkraft	Energie-aufnahme/ Hub max.	Energie-aufnahme/ Stunde max.	Materialnummer
		[mm]	[kg]	[N]	[Nm]	[Nm/h]	
	SA1-MC	5	0,8/2,8	2/5	1	3000	R412010284
		5	1,5/4	2/5	1	3000	R412010285
		5	0,5/4	2/5	1,5	4000	R412010286
		5	0,8/6	2/5	1,5	4000	R412010287
		8	1,3/5,3	3,6/8	10 ①	24000 ②	R412010288
		8	4,3/20 ③	3,6/8	10 ①	24000 ②	R412010289
		8	16,5/47	3,6/8	10 ①	24000 ②	R412010290
		10	0,5/1,8	3,5/7	14	30000	R412010291
		10	1,5/7,7	3,5/7	14	30000	R412010292
		10	5/57	3,5/7	14	30000	R412010293

Tab. 1 Auszug aus den technischen Daten

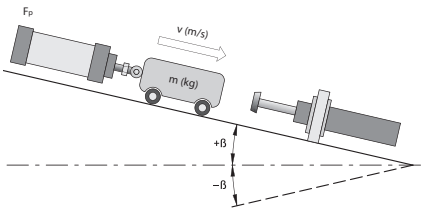
① Die gewählte Energieaufnahme/Hub_{max} muss größer sein als die errechnete Gesamtenergie.

② Die gewählte Energieaufnahme/Stunde muss größer sein als die errechnete Gesamtenergie pro Stunde.

③ Die errechnete effektive Masse muss innerhalb der gewählten effektiven Masse m_e min/max sein.

Lösung: Stoßdämpfer SA1 MC, Materialnummer: R4120010289

Stoßdämpfer-Kalkulationsprogramm



Werkstück:	
Masse: m (kg)	5
Aufprallgeschwindigkeit: v (m/s)	1
Antriebskraft: F_P (N)	500
Anzahl Hübe/Stunde: n (1/h)	60
Temperatur: (°C)	20
Applikation:	
Lastfall:	Linear
Lastbewegung:	Horizontal
Zahl der Stoßdämpfer parallel:	1
Stoßdämpfer:	
Stoßdämpfer Serie:	SA1-MC
Vorauswahl Gewinde:	Keine
Vorauswahl Artikelnummer:	Keine

Tab. 2 Berechnungsprogramm online

Berechnet vom Stoßdämpfer-Kalkulationsprogramm (Programminformation Version 1.2):

Auslegungsdaten	**Wert**	**Minimalwert:**	**Maximal-wert:**	**Last %**
Energie/Hub: W_{kg} (Nm)	6.5		10.0	65.0
Energie/Stunde: $W_{kg/h}$ (Nm/h)	390		24000	2
Effektive Masse: m_e(kg)	13.0	4.3	20.0	OK
Aufprallgeschwindigkeit: v_e (m/s)	1.0	1.0	2.2	OK
Temperatur: (C°)	20	-20	80	OK
Ausgangsdaten				
Artikelnummer	R412010289			
Gewinde:	M10x1			
Hub: sd (mm)	8			
Dämpfungszeit: (s)	0.021			
Verzögerung: (m/s^2)	94			
Dämpfkraft: (N)	1219			

Die Berechnungsergebnisse können als Empfehlung für die Auswahl von Komponenten verstanden werden.
AVENTICS ist jedoch nicht haftbar für Schäden, die durch die Verwendung dieses Programms entstehen.

Lösung: Stoßdämpfer SA1-MC, Materialnummer: R4120010289

3 Produkte

AVENTICS bietet folgende unterschiedliche Stoßdämpfertypen an:

- Selbsteinstellende Stoßdämpfer
- Einstellbare Stoßdämpfer
  Alle einstellbaren Stoßdämpfer können auf unterschiedliche Energiewerte/ Geschwindigkeiten eingestellt werden.

3.1 Serie SA1

- Selbsteinstellende Stoßdämpfer M6×0,5 bis M25×1,5 für Energieaufnahmen bis zu 220 Nm
- Einstellbar M12x1 bis M64x2 für Energieaufnahmen von 22 bis 8000 Nm

Varianten

- SA1-MC: selbsteinstellend
  Die Stoßdämpfer SA1-MC gleichen selbsttätig die unterschiedlichen Auswirkungen von Kraft, Masse und Geschwindigkeit für einen Bereich aus. Der Bereich kann aus dem Hauptkatalog gewählt werden.
- SA1-MA: einstellbar
  - Die Einstellskala hat einen Einstellbereich von 0 bis 8.
  - Drehen Sie die Skala in Richtung 0 bei zu hartem Aufschlag am Hubanfang (im Uhrzeigersinn).
  - Drehen Sie die Skala in Richtung 8 bei zu hartem Aufsetzen am Hubende (gegen den Uhrzeigersinn).

SA1-MA M12x1 – M25x1,5; einstellbar

Nach der Montage des Dämpfers wird die Einrichtung mehrere Male gefahren, wobei das Einstellsegment so lange gedreht wird, bis die optimale Einstellung erreicht ist.

Die Stoßdämpfer M14x1,5 – M20x1,5 haben keinen Gewindestift.

M12x1; einstellbar

Der Verstellknopf wird durch einen Gewindestift blockiert. Mit dem beigefügten Sechskantschlüssel kann der Verstellkopf zur Einstellung gelöst werden.

SA1-MA M33x1,5 und M64x2; einstellbar

Die Einstellschraube wird durch einen Gewindestift blockiert. Einstellungen können über die Einstellschraube am Boden oder am Einstellring vorgenommen werden.

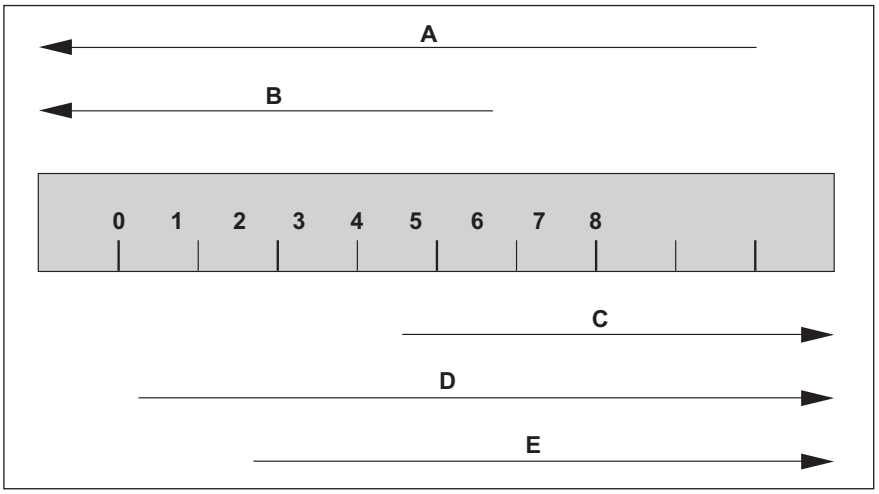


Abb. 5 Einstellungen SA1-MA

A	Hohe Geschwindigkeit und geringe Masse	0-2	Weiche Dämpfung
B	Weicher	3-5	Mittlere Dämpfung
C	Härter	6-8	Harte Dämpfung
D	Große Masse und geringe Geschwindigkeit		
E	Große Antriebsenergie		

Mögliche Einstellungen:

- Aufprallgeschwindigkeit < 1,3 m/s -6
- Aufprallgeschwindigkeit > 1,3 m/s -4

▸ Trifft die Masse beim Probelauf zu hart auf den Festanschlag, erhöhen Sie kontinuierlich die Dämpfkraft.

▸ Trifft die Masse beim Probelauf zu hart auf die Anschlagkappe/Kolbenstange, verringern Sie die Dämpfkraft.

3.2 Serie SA2

Die selbsteinstellenden Stoßdämpfer gleichen selbsttätig die unterschiedlichen Auswirkungen von Kraft, Masse und Geschwindigkeit aus.

- Selbsteinstellende Stoßdämpfer M8x1 – M14x1,5, Serie SA2-MS, für Energieaufnahmen bis zu 130 Nm

- Stoßdämpfer M6x0,5 – M14x1,5, Serie SA2-RC, für Energieaufnahmen bis zu 420 Nm

Hinweis: Die Serie SA2 ist ausschließlich für den Minischlitten der Serie MSC und das Drehmodul der Serie RCM ausgelegt.

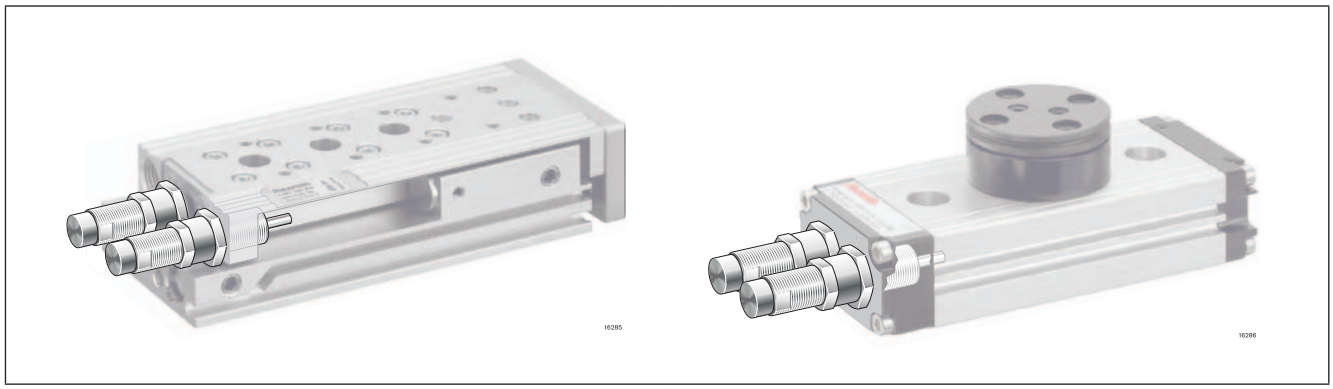


Abb. 6 Anwendungsbeispiel für Minischlitten und Drehmodul

3.3 Serie 370

- Einstellbare Stoßdämpfer M27×2 bis M42×3 für Energieaufnahmen von 60 bis 600 Nm
- Die Einstellskala hat einen Einstellbereich von 1 bis 5.
  - 1 = Minimale Dämpfung
  - 5 = Maximale Dämpfung
- Der Stoßdämpfer der Serie 370 bremst sanft große bewegliche Massen ab.
- Der Stoßdämpfer kann auch als mechanischer Anschlag dienen.

IV Sensorik

1	**Einführung**	**76**
1.1	Sensorik für Pneumatikantriebe	76
2	**Technische Grundlagen**	**77**
2.1	Magnetfeldempfindlicher Sensor	77
2.2	Schaltcharakteristik von Sensoren	78
2.3	Schnittstellen am Sensor	79
2.3.1	Mechanische Schnittstelle	80
2.3.2	Elektrische Schnittstelle	80
2.4	Grundtypen von Sensoren	80
2.4.1	Der elektronische Sensor (PNP, NPN)	81
2.4.2	Der Reed-Näherungssensor	82
2.5	Hinweise zur Applikation von Sensoren	84
2.5.1	Justage des Sensors	84
2.5.2	Überfahren des Sensors außerhalb der Endlage	85
2.5.3	Einschränkungen für den Einsatz	85
2.6	Magnetfeldempfindliche Wegmesssensoren	86
2.6.1	Justage der Wegmesssensoren	87
3	**Produkte**	**89**
3.1	Produktauswahl	89
3.1.1	Auswahl des Näherungssensors nach Sensortyp	89
3.2	Produktdetails	90
3.2.1	Wegmesssensoren	90
3.2.2	Sensoren mit zwei Schaltpunkten (Serie ST4-2P)	92
3.2.3	Drucksensoren	93
3.2.4	Durchflusssensor/Luftmengensensor	93
3.2.5	Sonderausführungen von Sensoren	93
3.2.6	Positionsüberwachung	93

1 Einführung

1.1 Sensorik für Pneumatikantriebe

Für die Positionsabfrage an Pneumatikantrieben sind spezielle Sensoren verfügbar, die einfache und kostengünstige Lösungen ermöglichen.

Magnetfeldempfindliche Positionssensoren werden außen am nichtferromagnetischen Zylinderrohr/-profil (z. B. Alu, Messing, Edelstahl) angebracht und durch das Magnetfeld eines im Kolben integrierten Permanentmagneten betätigt.

Durch die berührungslose Abtastung arbeiten diese Sensoren verschleißfrei und lassen sich mit geringem mechanischem Aufwand mit dem Antrieb verbinden, so dass eine sehr kompakte und einfach zu handhabende Einheit entsteht.

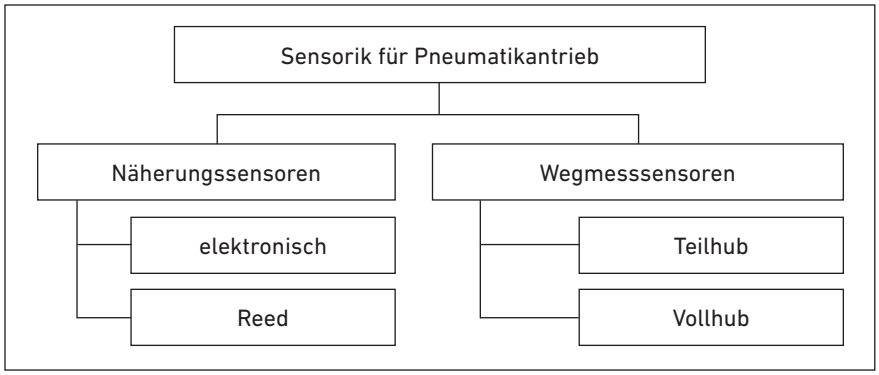


Abb. 1 Varianten magnetfeldempfindlicher Positionssensoren

Näherungssensoren sind binäre Sensoren, die ein Schaltsignal liefern, wenn der Zylinderkolben eine bestimmte Position erreicht hat. Sie sind als elektronische Schalter oder als Reed-Schalter realisiert.

Magnetische Wegmesssensoren sind analoge Positionssensoren, die ein zum überfahrenden Zylinderhub proportionales Ausgangssignal liefern. Sie können den Zylinderhub teilweise oder komplett erfassen.

2 Technische Grundlagen

2.1 Magnetfeldempfindlicher Sensor

Da die überwiegende Anzahl der Pneumatikntriebe in Endlagensteuerungen betrieben werden, sind die Positionssensoren mit schaltendem Ausgang von herausragender Bedeutung.

Nachfolgend ist eine Auswahl unterschiedlicher Bauformen dieser Sensoren dargestellt.

Abb. 2 Sensorvarianten

Die Funktion von Sensoren lässt sich anhand der nachfolgenden Grafik „Skizze zur prinzipiellen Funktion von Sensoren" erläutern.

Der im Zylinderkolben integrierte Ringmagnet erzeugt ein Magnetfeld, welches das nicht ferromagnetische Zylinderrohr durchsetzt. Bewegt sich der Magnetkolben in den Bereich, in dem der Sensor montiert ist, wirkt das Magnetfeld auf das im Sensor integrierte Sensorelement.

Wird ein bestimmter Schwellwert der magnetischen Induktion überschritten, schaltet der Ausgang des Sensors vom unbetätigten in den betätigten Zustand. Das Ausgangssignal kann als binäres Signal von einer angeschlossenen Steuerung ausgewertet werden.

Nur durch eine entsprechende Auslegung des Abtastsystems, d. h. durch die optimale Abstimmung von Sensor und Magnet, kann eine zuverlässige Funktion garantiert werden. Deshalb sind die Sensoren von AVENTICS speziell auf das eigene Zylinderprogramm abgestimmt.

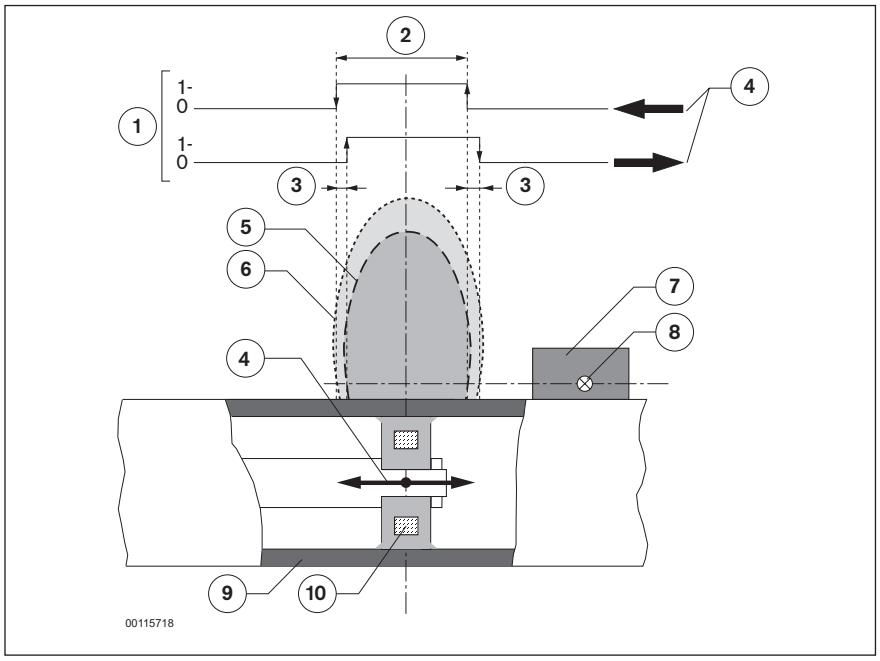


Abb. 3 Skizze zur prinzipiellen Funktion von Sensoren

1 Ausgangssignale Sensor
2 Ansprechweg
3 Hysterese
4 Bewegungsrichtung Kolben
5 Schaltschwelle „EIN“
6 Schaltschwelle „AUS“
7 Sensor
8 Position des Sensorelements
9 Zylinderrohr aus nicht ferromagnetischem Material
10 Permanentmagnet (ringförmig)

2.2 Schaltcharakteristik von Sensoren

Details zum Schaltverhalten des Sensors sind in der Abbildung „Skizze zur prinzipiellen Funktion von Sensoren“ dargestellt.

Abhängig von der Verfahrrichtung des Kolbens ergibt sich eine bestimmte Schaltcharakteristik. Die Ein- und Ausschaltpunkte des Ausgangssignals sind je nach Bewegungsrichtung des Kolbens leicht gegeneinander versetzt, da der Sensor zum Einschalten eine höhere magnetische Induktion benötigt und erst bei geringeren Werten wieder abschaltet.

Die Wegdifferenz zwischen Aus- und Einschaltpunkt nach Umkehr der Bewegungsrichtung wird als Hysterese bezeichnet. Der Ansprechweg ist die Wegdifferenz zwischen Ein- und Ausschaltpunkt beim Überfahren des Sensors in einer Bewegungsrichtung.

Die Reproduzierbarkeit des Einschaltpunkts beim Überfahren aus der gleichen Bewegungsrichtung liegt im Bereich von ca. 0,1 mm (bei konstanter Temperatur).

Die Werte für Hysterese und Ansprechweg sind stark abhängig vom Typ des Sensors und vom Zylinderdurchmesser. Als Orientierung können die folgenden Richtwerte dienen:

- Hysterese: H = 0,2...2 mm
- Ansprechweg: s = 5...20 mm

2.3 Schnittstellen am Sensor

Aufgrund der Vielfalt unterschiedlicher Varianten von Pneumatikantrieben gibt es bei den Sensoren und dem Zubehör eine recht hohe Varianz. In der nachfolgenden Abbildung ist dies in Form einer stark vereinfachten Systematik dargestellt.

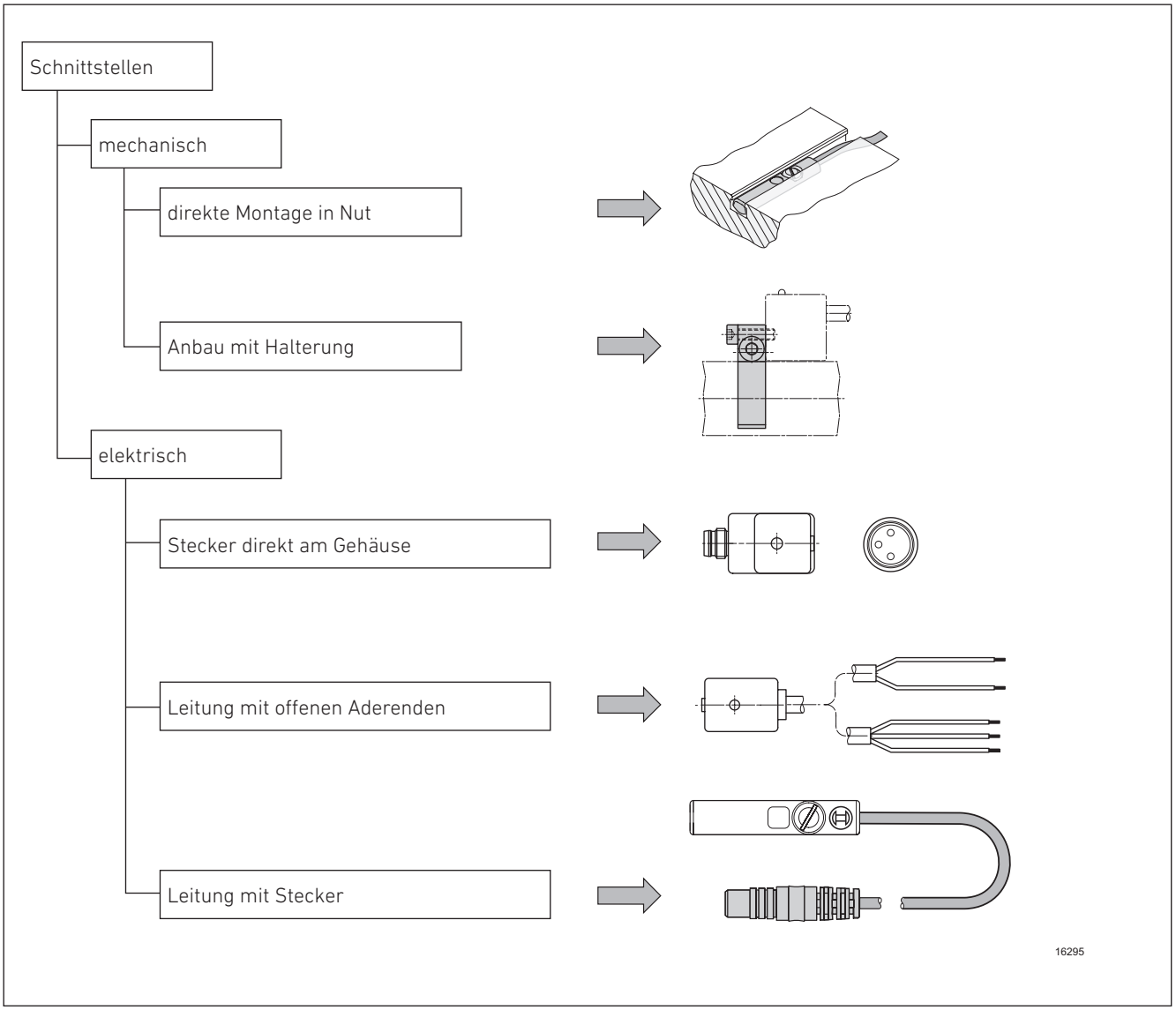


Abb. 4 Prinzipskizze Schnittstellensensor

2.3.1 Mechanische Schnittstelle

Die mechanische Schnittstelle ist geprägt durch unterschiedliche konstruktive Ausführungen von Antrieben. Kommen Profile mit speziellen Nuten für die Montage von Sensoren zum Einsatz, so sind keine zusätzlichen Befestigungselemente (z. B. angepasste Halterungen) erforderlich.

In nachfolgender Abbildung sind zwei typische Nutgeometrien dargestellt.

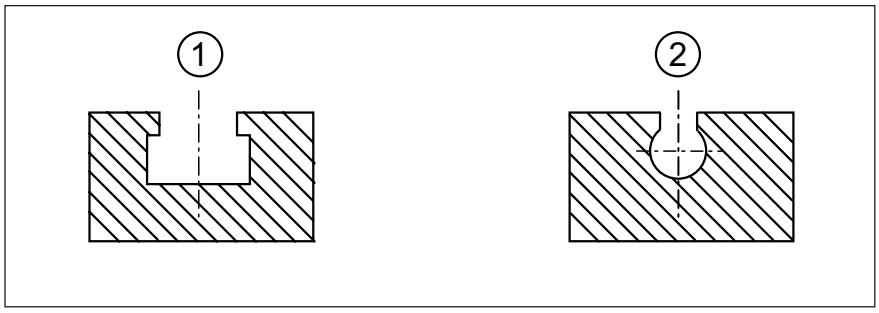


Abb. 5 Zwei typische Nutgeometrien in Antriebspofilen

1 T-Nut 2 Rund-Nut

Die Sensoren der Serie ST6 sind für die T-Nut ausgelegt. Die Serie ST4 ist in der Rund-Nut montierbar.

Die Rund-Nut ist die auf minimalen Platzbedarf optimierte Ausführung und kommt deshalb üblicherweise in den kompakten Komponenten der Handlingstechnik zum Einsatz.

Da die Nuten für die Montage der Sensoren nicht genormt sind, gibt es herstellerspezifische Unterschiede, welche die Austauschbarkeit einschränken.

2.3.2 Elektrische Schnittstelle

Die elektrische Schnittstelle zeigt ebenfalls eine ausgeprägte Vielfalt, die sich an den Bedürfnissen der Anwender orientiert. Es gibt eine hohe Varianz bezogen auf Leitungsmaterial, Leitungslänge und Steckertypen.

2.4 Grundtypen von Sensoren

Sensoren lassen sich abhängig von der Art der technischen Realisierung in zwei Grundtypen einteilen:

- Elektronische Sensoren (PNP, NPN)
- Reed-Sensoren

2.4.1 Der elektronische Sensor (PNP, NPN)

Der Sensor besteht aus einem magnetfeldempfindlichen Sensorelement und einem nachgeschalteten Schwellwertschalter, der beim Überschreiten eines bestimmten Wertes der magnetischen Induktion ein Schaltsignal erzeugt. Dieses Signal wird über eine Endstufe nach außen geführt.

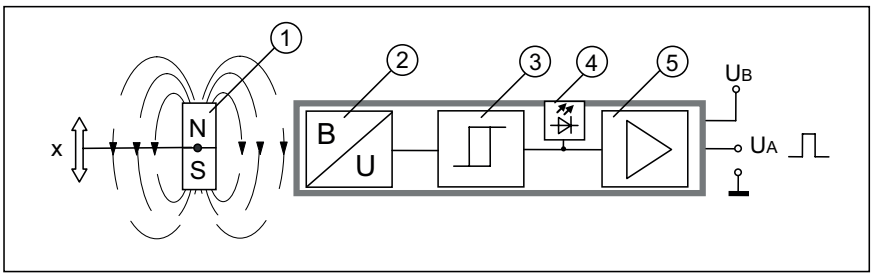
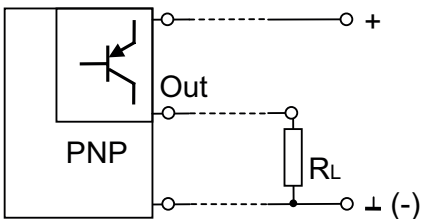


Abb. 6 Aufbau und Funktion des elektronischen Sensors

1 Magnet (Positionsgeber)
2 Sensorelement (magnetfeldempfindlich)
3 Komparator
4 Anzeige Schaltzustand (LED)
5 Endstufe (PNP, NPN)

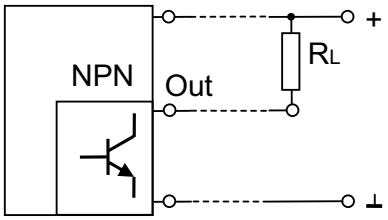
Für die Endstufe der elektronischen Sensoren gibt es zwei Varianten, die je nach Art der eingesetzten Auswerteschaltung zum Einsatz kommen.



Positiv schaltender Ausgang (PNP)

Der PNP-Ausgang schaltet die angeschlossene Last auf die positive Versorgungsspannung. Die Last wird zwischen Schaltausgang und negativer Versorgungsspannung bzw. Masseanschluss angeschlossen (siehe nebenstehende Abbildung). Die Bezeichnung „PNP", die synonym für „plusschaltend" gebraucht wird, ist historisch begründet. Früher wurde als Schaltelement bei dieser Schaltungsvariante ein PNP-Transistor eingesetzt.

Sensoren mit PNP-Ausgang werden überwiegend im europäischen Raum eingesetzt, da die dort üblichen Steuerungen ein aktives Eingangssignal (positive Eingangsspannung) benötigen.



Negativ schaltender Ausgang (NPN)

Der NPN-Ausgang schaltet die angeschlossene Last auf die negative Versorgungsspannung bzw. Masse. Die Last wird zwischen Schaltausgang und positiver Versorgungsspannung angeschlossen.

Sensoren mit NPN-Ausgang werden überwiegend im asiatischen und amerikanischen Markt eingesetzt.

Die mit R_L gekennzeichnete Last kann der Eingangswiderstand einer angeschlossenen Steuerung (z. B. SPS) sein.

2.4.2 Der Reed-Näherungssensor

Der Reed-Sensor besteht aus einem in ein Gehäuse eingebauten Reed-Element, das praktisch alle Funktionen wie Sensorelement, Schwellwertschalter und Ausgangsstufe in einem Bauteil realisiert.

Zwei in einem hermetisch dichten Glasröhrchen in inerter Atmosphäre eingegossene Kontaktzungen werden durch das Magnetfeld entgegengesetzt magnetisiert. Wird ein bestimmter Wert der magnetischen Induktion erreicht, schließt der Kontakt, was von einer angeschlossenen Steuerung ausgewertet werden kann.

Zwei grundsätzliche schaltungstechnische Realisierungen sind in vereinfachter Form in nachfolgender Abbildung dargestellt.

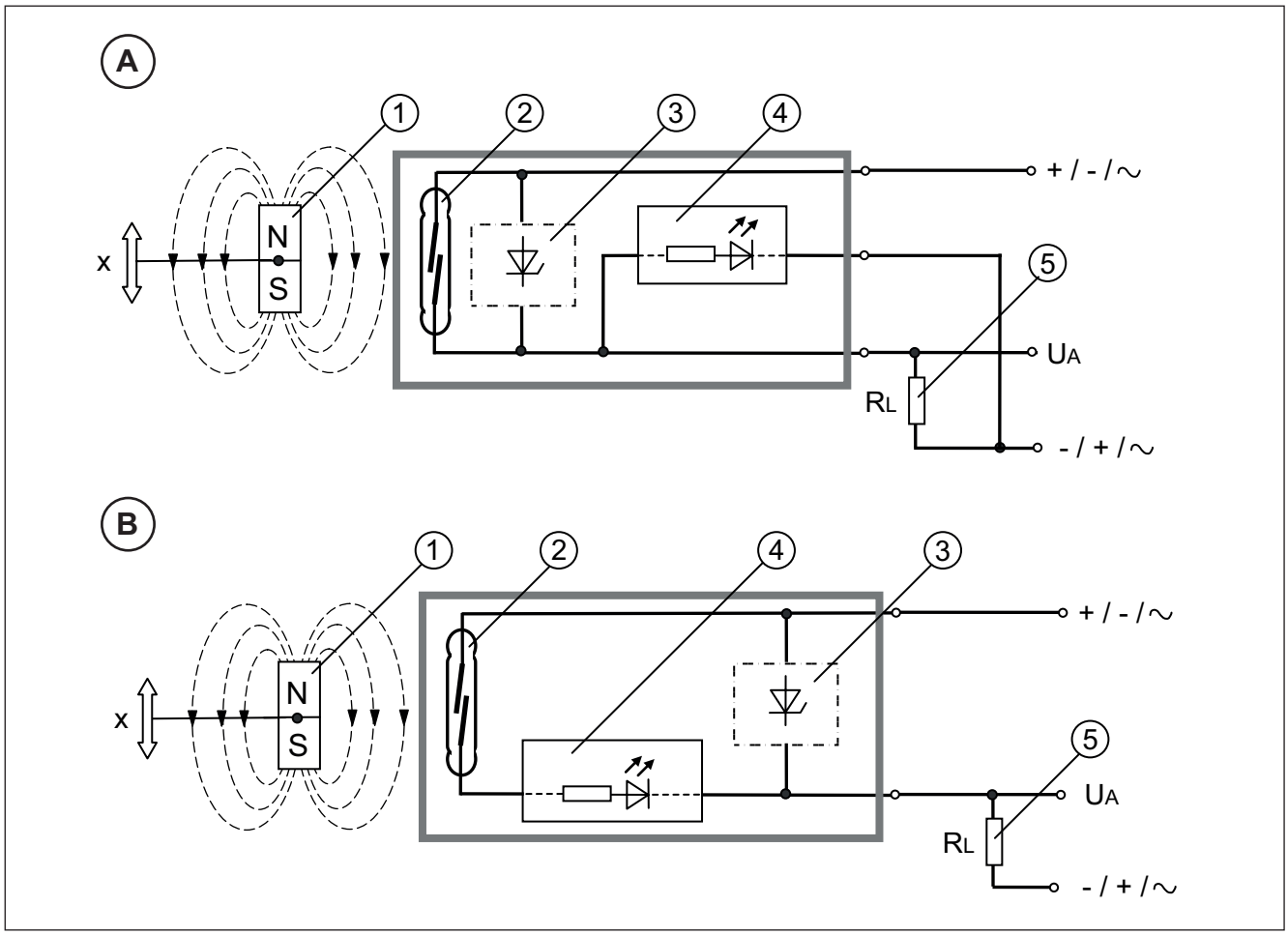


Abb. 7 Prinzipskizze Reedschalter

A 3-Leitertechnik
B 2-Leitertechnik
1 Magnet (Positionsgeber)
2 Reed-Element
3 Schutzbeschaltung (nur in größeren Bauformen)
4 Anzeige Schaltzustand (LED)
5 Lastwiderstand R_L (z. B. Eingangswiderstand SPS)

Hinweis: Ein Reed-Schalter darf nicht ohne Lastwiderstand betrieben werden! Kurzschluss des Reed-Elements führt zur Zerstörung des Sensors!

Reed-Schalter in 3-Leitertechnik

Beim Reed-Schalter in 3-Leitertechnik wird für die LED-Funktionsanzeige ein separater Kontakt nach außen geführt. Dadurch ist die Schaltfunktion des Sensors von der Anzeigefunktion entkoppelt.

Dies bietet gegenüber der 2-Leiter-Ausführung den Vorteil, dass der Spannungsabfall am Schalter durch die parallele Verdrahtung von LED-Ansteuerung und Schaltfunktion sehr gering ist. Der Spannungsabfall wird definiert vom Übergangswiderstand des Reed-Elements und eventuell von einem zusätzlichen Serienwiderstand, der kapazitive Belastungen durch den Verbraucher minimieren soll.

Reed-Schalter in 2-Leitertechnik

Die 2-Leitertechnik bietet den Vorteil einer vereinfachten Installation. In Fällen, in denen der Spannungsabfall über den Sensor unkritisch ist, kann dieser Schaltertyp als Alternative zum 3-Leiter eingesetzt werden.

Da das Reed-Element und die LED-Anzeige in Reihe liegen, muss immer mit einem zusätzlichen Spannungsabfall für die Ansteuerung der LED (U_{min} = 2,1 V) gerechnet werden.

Der erhöhte Spannungsabfall ist insbesondere kritisch bei früher gelegentlich eingesetzten logischen Schaltungen, basierend auf einer Reihenschaltung von mehreren Reed-Schaltern (logische UND-Verknüpfung).

Schutzbeschaltung Reed-Schalter

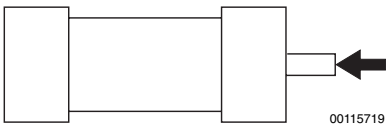
Reed-Schalter sind wie alle mechanischen Schalter bei kapazitiver und induktiver Belastung einem erhöhten Kontaktverschleiß unterworfen. Zum Schalten derartiger Lasten sind zusätzliche Schutzbeschaltungen erforderlich. In Reed-Schaltern mit größeren Abmessungen sind teilweise bereits Schutzbeschaltungen integriert.

2.5 Hinweise zur Applikation von Sensoren

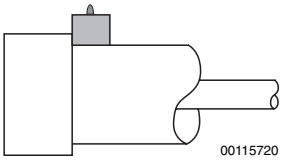
2.5.1 Justage des Sensors

Sensoren werden üblicherweise zur Überwachung bestimmter Hubpositionen (z. B. Endlagen) von Pneumatikantrieben eingesetzt. Dazu wird der Sensor in die vorgesehene Profilnut oder mit einer angepassten Halterung direkt am Zylinderrohr vormontiert. Das Befestigungskonzept ist so realisiert, dass die Möglichkeit besteht, den Positionssensor entlang der Bewegungsrichtung des Kolbens zu verschieben und an einer beliebigen Hub-Position zu fixieren.

Bei der Justage des Sensors kann entsprechend nachfolgender Abbildung vorgegangen werden. Die Vorgehensweise wird am konkreten Beispiel der Abtastung der Endlage eines Pneumatikantriebs erläutert.

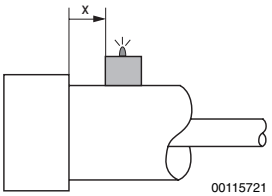


1. Kolben in Endlage bewegen



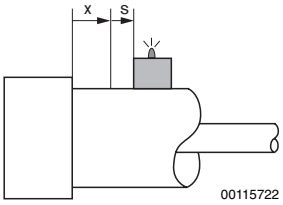
2. Sensor vormontieren, Spannung anlegen

1. Sensor an der Montageposition anbringen, die möglichst weit außen im Bereich der Endlage liegt.
2. LED des Sensors sollte nicht leuchten.



3. Schaltpunkt ermitteln

1. Sensor axial in Richtung Zylindermitte verschieben, bis LED des Sensors aufleuchtet.
2. Position x markiert den Einschaltpunkt.



4. Sensor in Position fixieren

1. Sensor um kleine Wegstrecke s[1)] weiter zur Zylindermitte verschieben.
2. Sensor in dieser Position fest montieren.

[1)] Wegstrecke s – Sicherheitsreserve an Montageposition (z. B. s = 1...3 mm)

Bei der Justage ist die Hysterese des Sensors zu beachten. Wie im Abschnitt Schaltcharakteristik dargestellt, sind die Ein- und Ausschaltpunkte leicht gegeneinander versetzt. Dieses Verhalten ist für die Stabilität des Schaltpunkts durchaus positiv zu bewerten. Von außen aufgeprägte Störungen, z. B. mechanische Vibrationen und kleine magnetische Störfelder, führen nicht zu ungewollten Veränderungen des Schaltzustands.

2.5.2 Überfahren des Sensors außerhalb der Endlage

Die Abfrage der Endlagen eines Pneumatikantriebs ist der dominante Einsatzbereich für Sensoren. Es gibt jedoch auch spezielle Applikationen, in denen der Sensor in einem Hubbereich außerhalb der Endlagen justiert wird.

In diesen Fällen sind einige Besonderheiten zu beachten. Beim Überfahren des Schaltpunkts gibt es je nach Bewegungsrichtung des Kolbens andere Einschaltpunkte, die um den Betrag des Ansprechwegs gegeneinander versetzt sind.

Bei hochdynamischen Anwendungen kann es abhängig von der Abtastrate oder dem Zeitverhalten der Auswerteschaltung der Steuerung zu Problemen bei der Erkennung des Schaltsignals kommen. Beim Überfahren des Sensors mit hoher Geschwindigkeit kann die Impulsdauer des Schaltsignals abhängig von der Schaltbreite des Sensors relativ kurz sein.

Die zulässige Maximalgeschwindigkeit v_{max} kann bei bekanntem Ansprechweg s mit Abtastrate t_a der Steuerung anhand nachfolgender Gleichung abgeschätzt werden.

$$\mathbf{v_{max} = s / t_a}$$

v_{max} = Maximalgeschwindigkeit

s = Ansprechweg

t_a = Abtastrate

Ist die Erkennung des Signals bei der angestrebten Geschwindigkeit nicht sichergestellt, besteht noch die Möglichkeit, auf einen Sensor mit Impulsverlängerung zurückzugreifen.

2.5.3 Einschränkungen für den Einsatz

Da das Abtastprinzip auf der Auswertung von magnetischen Feldern beruht, sollte beim Einbau eines pneumatischen Antriebs mit berührungsloser Signalgabe Folgendes beachtet werden:

Durch starke externe Magnetfelder (z. B. Schweißanlagen) oder durch ferromagnetische Anbauteile, die unmittelbar im Bereich des Abtastsystems angeordnet sind, kann es möglicherweise zu einer Beeinträchtigung der Abtastfunktion kommen.

2.6 Magnetfeldempfindliche Wegmesssensoren

Die Wegmesssensoren der Serie SM6 sind analoge Positionssensoren, die ein dem Zylinderhub proportionales Ausgangssignal liefern. Sie können in die entsprechende Nut eingesetzt beziehungsweise mit den angepassten Halterungen an AVENTICS Pneumatikzylinder angebaut werden.

Der im Zylinderkolben integrierte Magnet dient als Positionsgeber und erzeugt ein Magnetfeld, das auf die Sensorelemente wirkt, die im Positionssensor entlang der Längsachse angeordnet sind (siehe nachfolgende Abbildung). Durch eine spezielle Auswertung der von den Sensoren erzeugten Signale ermittelt ein im Gerät integrierter Mikrocontroller die aktuelle Position des Zylinderkolbens.

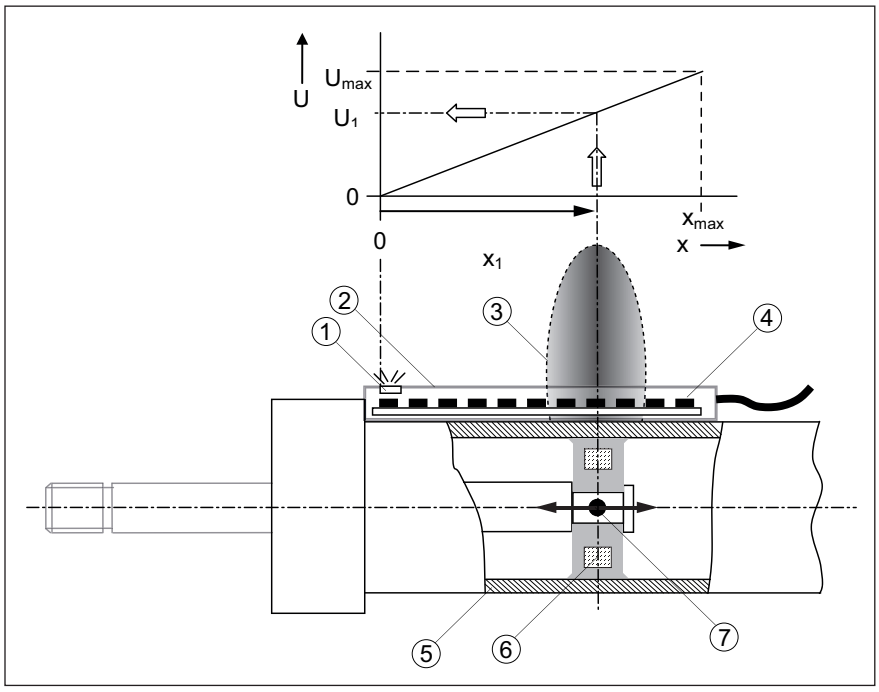


Abb. 8 Prinzipskizze, magnetfeldempfindlicher Wegmesssensor

1 LED
2 Analoger Wegsensor
3 Magnetfeld
4 Sensorelement
5 Magnet
6 Zylinderrohr
7 Bewegungsrichtung

2.6.1 Justage der Wegmesssensoren

Vorjustage

Um die Montage der Wegmesssensoren zu erleichtern, wird über eine im Sensor integrierte LED signalisiert, ob sich der Zylinderkolben im zulässigen Messbereich des Messsystems befindet. Damit ist eine grobe mechanische Vorjustage durch axiale Verschiebung des Gehäuses möglich.

Eigentlich ist danach bereits ein regulärer Messbetrieb möglich, jedoch ist in vielen Anwendungen ein zusätzlicher elektronischer Abgleich vorteilhaft.

Justage mit Teach-Funktion

Mithilfe der in den Sensoren implementierten Teach-Funktion kann eine einfache Anpassung des vom Sensor gelieferten Messsignals an den Hubbereich des Pneumatikantriebs erfolgen.

Dazu werden nacheinander zwei feste Positionen vorgegeben, welche die Grenzen des zu messenden Hub-Bereichs darstellen, und diese Positionen durch Betätigen eines Tasters auf das genormte Ausgangssignal für Nullpunkt bzw. Endposition abgeglichen (siehe nachfolgende Abbildung).

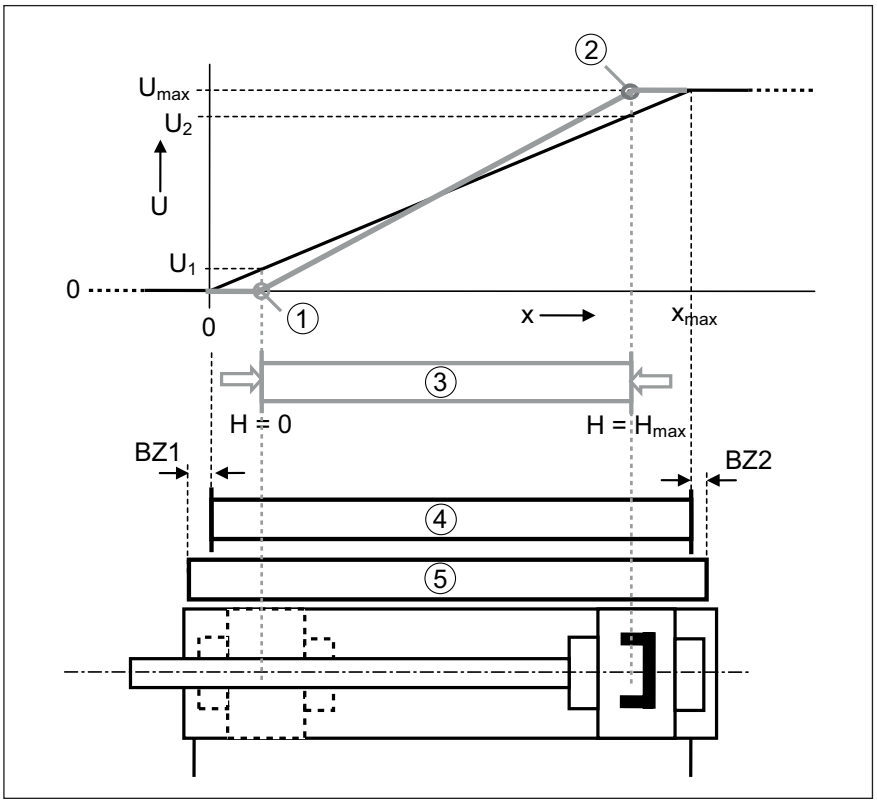


Abb. 9 Justage Wegmesssensor

1 Nullpunkt
2 Endpunkt
3 Zu messender Zylinderhub
4 Messbereich im Auslieferungszustand
5 Baulänge Messsystem

Diese Vorgehensweise bietet vielfältige Vorteile.

Bei der Signalverarbeitung wird durch die Spreizung der Messsignale auf den vollen Signalhub die Auflösung des AD-Wandlers der Steuerung besser genutzt. Für die Programmierung des Steuerungsablaufs sind die auf den vollen Signalhub skalierten Messsignale in der Regel ebenfalls von Vorteil.

Bei einem Servicefall, bei dem der Austausch einer Komponente nötig werden könnte (Antrieb oder Messsystem), ist die Wiederinbetriebnahme deutlich vereinfacht. Selbst wenn der Sensor nicht mehr exakt an der gleichen Position am Antrieb montiert wird, kann durch den anschließenden elektronischen Abgleich mittels Teach-Vorgang der ursprüngliche Zustand bezogen auf den Messbetrieb wiederhergestellt werden. Ein Eingriff in das Steuerungsprogramm ist nicht erforderlich.

Die analogen Positionssensoren besitzen auf beiden Seiten nur schmale Blindzonen, sodass die verfügbare Messlänge fast der Baulänge des Messsystems entspricht. Aufgrund dieser konstruktiven Besonderheit gibt es keine Probleme bei der Erfassung der Endlagen, selbst bei extrem kompakten Zylindervarianten.

Gegenüber den handelsüblichen Wegmesssensoren (z. B. Linearpotentiometer) haben die Sensoren der Serie SM6 für den Anwender einige ganz entscheidende Vorteile.

Es ist keine direkte mechanische Kopplung zwischen dem bewegten Teil des Antriebs und dem Messsystem erforderlich. Damit entfallen Verbindungselemente und zusätzliche mechanische Führungen. Die Gefahr der mechanischen Beschädigung durch fehlerhafte mechanische Anbindung entfällt. Zudem arbeitet der Wegmesssensor berührungslos und damit verschleißfrei.

Durch die flache Bauform und die platzsparenden Befestigungselemente werden die Einbaumaße des Antriebs nur geringfügig vergrößert. Auch ein nachträglicher Anbau des Wegmesssensors an bereits im Einsatz befindliche Einheiten ist problemlos möglich.

Magnetische Wegmesssensoren werden in zwei Ausführungen geliefert, die für unterschiedliche Anwendungen konzipiert sind.

3 Produkte

3.1 Produktauswahl

3.1.1 Auswahl des Näherungssensors nach Sensortyp

Vergleich von elektronischem Sensor und Reed-Sensor

Das unterschiedliche Verhalten der beiden Ausführungen ist in nachfolgender Tabelle beschrieben.

Elektronischer Sensor	Reed-Sensor
Kurzschlussfest	Nicht kurzschlussfest
Nur für Gleichspannung	Für Gleich- und Wechselspannung
Spannungsbereich im Allgemeinen eingeschränkt (24 V DC)	Großer Spannungsbereich (0 – 240 V AC/DC)
Zulässige Restwelligkeit der Versorgungsspannung eingeschränkt	Restwelligkeit unkritisch
Geringer Stromverbrauch auch im ungeschalteten Zustand	Kein Stromverbrauch im ungeschalteten Zustand
Temperaturbereich eingeschränkt auf üblichen Industriebereich	Temperaturbereich durch Reed-Element nicht eingeschränkt
Verschleißfrei	Verschleißarm bei ohmscher Last (Schutzbeschaltung für induktive und kapazitive Lasten erforderlich)
Schaltfunktion wird durch Vibration oder Stoß nicht beeinflusst	Bei hohen Beschleunigungen durch extreme Vibrationen oder Stoß sind Fehlschaltungen möglich
Eindeutige Schaltflanke (kein Prellen)	Prellen möglich (im µs-Bereich)
Nicht potenzialfrei	Potenzialfrei
Aufbau direkter logischer Verknüpfungen problematisch	Aufbau direkter logischer Verknüpfungen unproblematisch

Tab. 1 Sensorverhalten der Sensortypen im Vergleich

3.2 Produktdetails

3.2.1 Wegmesssensoren

Wegmesssensor SM6

Mit dem SM6 ist es möglich, einen Teil eines Zylinderhubs – z. B. im Bereich einer Endlage – mit einer hohen Genauigkeit zu erfassen (Teilhubsensor).

Der SM6 besitzt ein schmales Kunststoffprofil und ist für relativ kurze Messlängen ausgelegt. Die Gehäusegeometrie ist so gestaltet, dass das Gerät direkt in der T-Nut von AVENTICS-Pneumatikzylindern montiert werden kann. In beiden Endbereichen des Sensors ist jeweils eine Befestigungsschraube im Gehäuse vorhanden, die eine einfache und zuverlässige Fixierung ohne zusätzliche Befestigungselemente ermöglicht (siehe nachfolgende Abbildung).

Der Sensor kann an beliebiger Stelle entlang des Zylinderhubs montiert werden und liefert an der Montageposition im Bereich der Messlänge das entsprechende Ausgangssignal. Durch die fehlende mechanische Kopplung ist der Hub des Antriebs unabhängig von der Messlänge des Sensors. Sobald sich der Zylinderkolben in den Messbereich des SM6 bewegt, wird dies erkannt und ein zur Position proportionales analoges Ausgangssignal generiert.

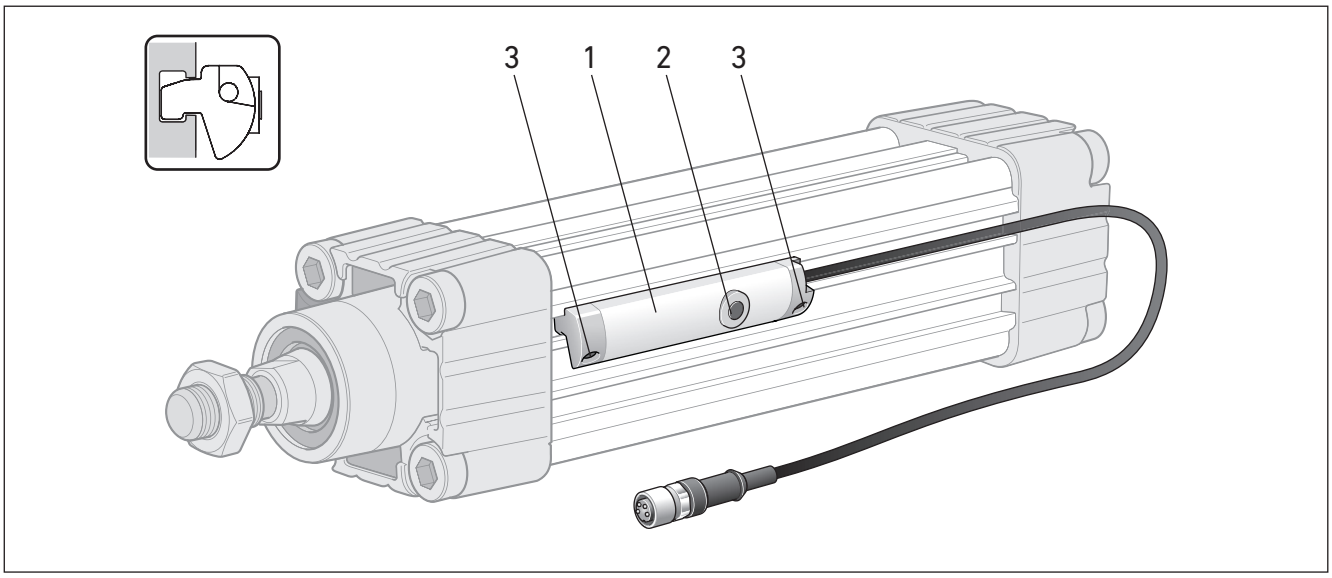


Abb. 10 Direkte Montage in der T-Nut

1 LED
2 Taster (Abgleich)
3 Befestigungsschrauben

Beim Verlassen des Messbereichs wird das zuletzt gemessene Signal eingefroren. Ein Unterschreiten des Nullpunkts bewirkt die Ausgabe des minimalen Ausgangssignals, ein Überschreiten des Endpunkts hat das maximale Ausgangssignal zur Folge.

Wird der SM6 in den Nuten montiert, die auf der Seite der Druckanschlüsse eingebracht sind, dann wirkt sich der Anbau des Sensors nicht auf die Einbaumaße des Antriebs aus.

Wegmesssensor SM6-AL

Der Messsensor SM6-AL nutzt das gleiche Funktionsprinzip wie der SM6. Das schmale Kunststoffprofil ist durch ein robusteres Alu-Gehäuse ersetzt und ermöglicht deutlich größere Messlängen als der SM6. Der SM6-AL ist primär für die Erfassung des kompletten Zylinderhubs vorgesehen (Vollhubsensor).

Die Messlängen des SM6-AL beginnen bei l = 107 mm und sind in Abstufungen von jeweils 36-mm-Schritten bis zu einer Länge von l = 1007 mm verfügbar. Durch die extrem kleinen Blindzonen von ca. 1 mm auf beiden Seiten des Messsystems ist die Messlänge fast identisch mit den Gehäuseabmessungen des Sensors.

Die geringe Breite der Blindzonen in Verbindung mit der relativ feinen Abstufung der verfügbaren Messlängen ermöglicht den Einsatz des Sensors an Pneumatikantrieben mit beliebigen Hüben in einem Bereich von ca. 70 bis 1007 mm.

Hinweis

Das Gerät wird mit speziellen Befestigungselementen an das Profil von AVENTICS-Pneumatikzylindern angebaut. Zunächst sollte der Sensor in etwa axial-mittig zum Profilrohr ausgerichtet und fixiert werden.

Die richtige axiale Montageposition des SM6-AL kann überprüft werden, indem der Antrieb von einer Endlage in die andere verfahren wird. Über den gesamten Hubbereich muss LED 1 gelb leuchten (Signal für Messbetrieb).

Eigentlich kann das Messsystem nach dieser groben mechanischen Ausrichtung bereits genutzt werden. Vorteilhaft ist in den meisten Anwendungen jedoch ein zusätzlicher elektronischer Abgleich mithilfe der „Teach-Funktion“ (weitere Details siehe Abschnitt „Justage der Wegmesssensoren“).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anbausituation des SM6-AL an einem Profilzylinder. Obwohl der Positionssensor kürzer als die Länge des Profilrohrs ist, kann der gesamte Hub erfasst werden.

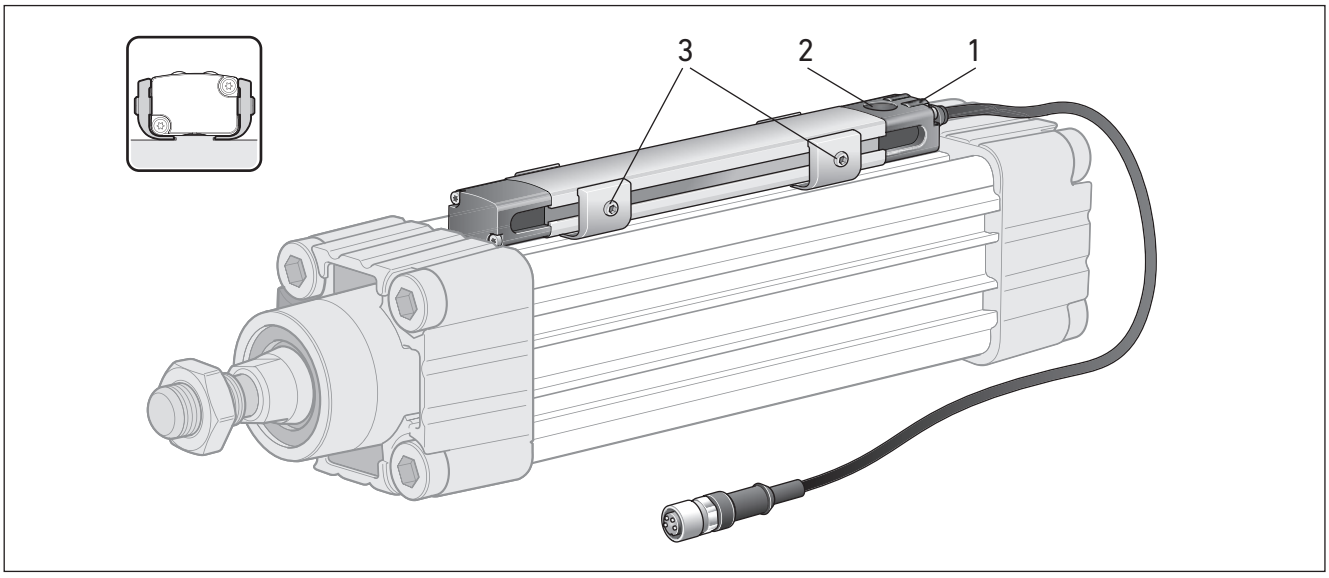


Abb. 11 Montage mit Befestigungselementen

1 LED
2 Taster (Abgleich)
3 Befestigungsschrauben

3.2.2 Sensoren mit zwei Schaltpunkten (Serie ST4-2P)

Für Pneumatikantriebe, die nur einen relativ kleinen Hub machen (H < 50 mm), gibt es eine interessante Alternative zu den Standardsensoren. Ein spezieller elektronischer Sensor mit einem kleinen Bedienteil ermöglicht eine komfortable Programmierung von zwei individuellen Schaltpunkten.

Dazu muss das Sensorelement auf Mitte Hub ausgerichtet werden und der Sensor in der Nut mechanisch fixiert werden. Der Antriebskolben wird in die erste abzutastende Position bewegt. Danach kann diese Position durch Betätigen der Teach-Taste am Bedienteil als Schaltpunkt dauerhaft abgespeichert werden. Der gleiche Vorgang wird für die zweite Position durchgeführt.

Damit kann der ST4-2P bei kurzhubigen Anwendungen zwei Standardsensoren ersetzen (siehe nachfolgende Abbildung). Der Installationsaufwand wird reduziert, da nur ein Kabel erforderlich ist. Die Montage ist auch bei sehr kompakten Antrieben mit beschränkten Anbaumöglichkeiten – z. B. nur einer Befestigungsnut – problemlos möglich. Dank der komfortablen Teach-Funktion entfällt das mechanische Justieren der beiden Schaltpunkte. Durch die IO-Link-Schnittstelle und den integrierten Mikrocontroller sind Zusatzfunktionen wie automatische Parametrierung und Diagnosefunktionen möglich.

Der Sensor ST4-2P ist aufgrund der oben genannten Eigenschaften speziell für den Einsatz in kleinen Handlingsmodulen und Greifern interessant.

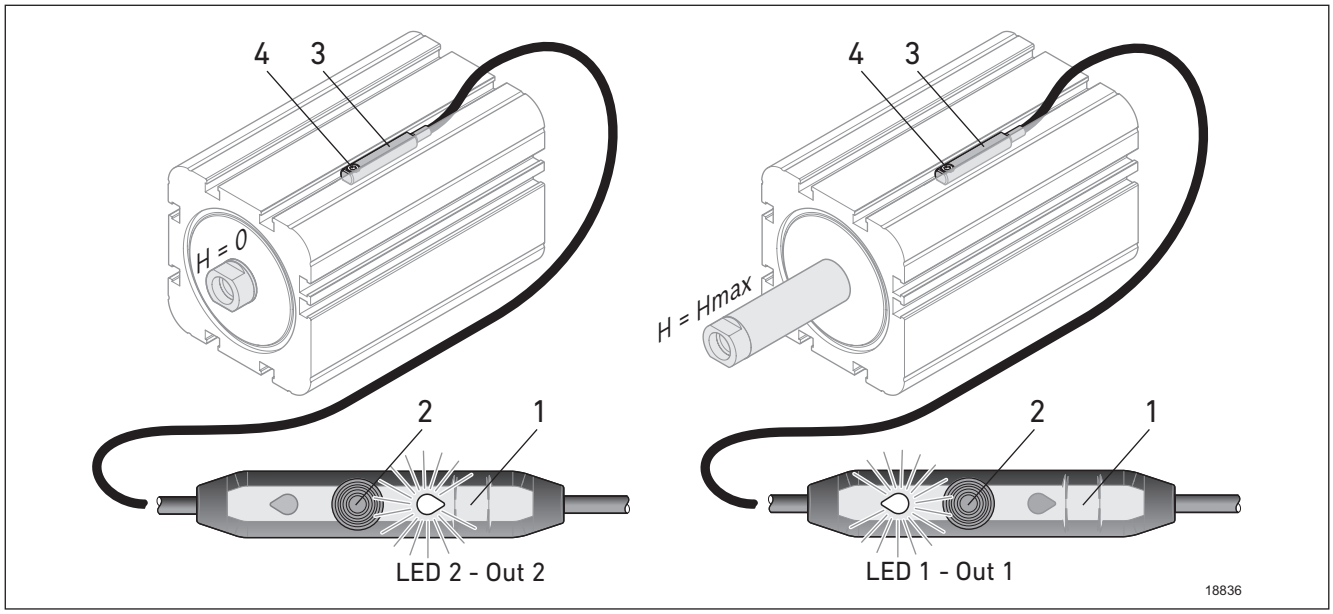


Abb. 12 Funktion des Sensors mit 2 Schaltpunkten nach Teach-in

1 Bedien- und Anzeigeteil
2 Teach-Taste
3 Sensor
4 Position Sensorelement (Markierung Pfeile)

3.2.3 Drucksensoren

Serie PE

Die elektronischen Drucksensoren der PE-Serie wandeln Druck in ein proportionales analoges Stromsignal (elektrisches Signal). Die PE-Sensoren haben eine hohe Schaltpräzision und Wiederholgenauigkeit.

Serie PM

Der elektromechanische Druckschalter PM ist ein P/E-Umformer mit Anschluss G1/4 bzw. Flanschlochbild. Die Schaltpunkte können über die Einstellschraube manuell eingestellt und fixiert werden. Jeder Schaltpunkt ist stufenlos einstellbar, auch während des Betriebs.

3.2.4 Durchflusssensor/Luftmengensensor

Sensor, Serie 553-001

Der Luftmengensensor ist für die Luftmengenmessung in Systemen, die gegen eine offene Austrittsdüse arbeiten, optimiert. Aufgrund seiner schnellen Messwerterfassung eignet sich der Luftmengensensor besonders für die dynamische Luftmengenregelung. Er kann jedoch auch für reine Mess- bzw. Überwachungsfunktionen verwendet werden.

3.2.5 Sonderausführungen von Sensoren

Schweißfester Sensor (SN3)

Der schweißfeste Sensor wurde speziell für den Einsatz im Bereich von Wechselstrom-Schweißanlagen (Frequenz f = 50...60 Hz) ausgelegt.

Der Sensor erkennt ein durch den Schweißprozess erzeugtes magnetisches Wechselfeld und friert den aktuellen Schaltzustand für die Dauer der Störung ein. Auf diese Weise werden Fehlschaltungen unterdrückt, die durch das magnetische Störfeld bedingt sind.

3.2.6 Positionsüberwachung

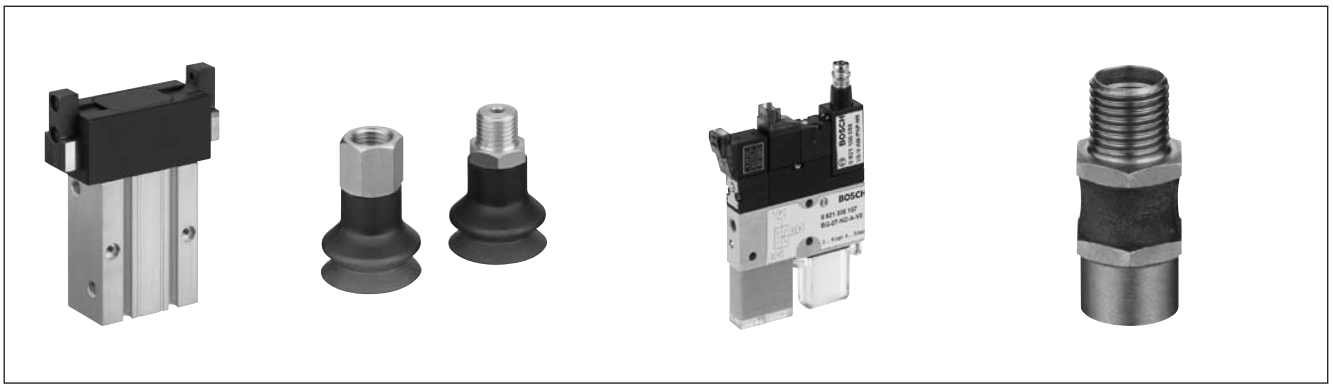
Pneumatische Positionsüberwachung, Serie MS01

Die pneumatische Positionsüberwachung MS01 ist für den Einsatz als Mess- und Steuersystem in Anlagen des produzierenden Gewerbes ausgelegt. MS01 dient der Kontrolle von Anwesenheit und/oder exakter Position, Form oder Dimension von Werkstücken.

Die Kontrollfunktion des MS01 wird durch berührungsloses Abtasten des Prüfobjekts mit einem Luftstrahl realisiert. Ein Prüfobjekt nähert sich einer Staudruckdüse, für den sich dabei in der Düse einstellenden Druck pD gilt: pD ~ 1/S.

Dieser wird im Prüfmodul erfasst und ausgewertet. Liegt der sich ergebende Spalt innerhalb der zuvor eingestellten Toleranzen, wird ein elektrisches Signal an die Anlagensteuerung gegeben.

V Greif- und Vakuumtechnik



1	**Einführung**	**96**
1.1	Zur Greif- und Vakuumtechnik	96
2	**Technische Grundlagen**	**97**
2.1	Mechanische Greiftechnik	97
2.1.1	Methoden der Greiftechnik	97
2.1.2	Vom Greifprinzip zum passenden Greiferkonzept	98
2.1.3	Funktionsweise pneumatischer Greifer	99
2.1.4	Einflussfaktoren zur Bestimmung der geeigneten Greiferlösung	100
2.1.5	Greifertypen	100
2.1.6	Greiferfinger	101
2.1.7	Ermittlung der Reibungszahl μ	101
2.1.8	Greiferauslegung, vertikale Bewegung (Reibschluss)	102
2.1.9	Greiferauslegung, horizontale Bewegung (Reibschluss)	104
2.1.10	Ermittlung der Gesamtmasse m_{Ges}	106
2.2	Vakuumtechnik	107
2.2.1	Grundlagen der Vakuumtechnik	107
2.2.2	Schritte der Vakuum-Systemauslegung	111
2.2.3	Angaben zum Werkstück	111
2.2.4	Ermittlung der erforderlichen Greifkraft	112
2.2.5	Auswahl von geeigneten Sauggreifern	115
2.2.6	Auswahl von Befestigungselementen	118
2.2.7	Dimensionierung von Schlauchdurchmessern	122
2.2.8	Berechnung des zu evakuierenden Gesamtvolumens V_G	124
2.2.9	Berechnung und Auswahl des Vakuumerzeugers	125
3	**Produkte**	**126**
3.1	Basis- und Inline-Ejektoren (einstufig)	126
3.2	Mehrstufenejektoren	127
3.3	Kompaktejektoren	128

1 Einführung

1.1 Zur Greif- und Vakuumtechnik

Greifer haben als Teil der Handlingapplikation die Aufgabe, Werkstücke an einem bestimmten Ort aufzunehmen, zu halten und weiterzubewegen, um sie an einem bestimmten Ort wieder gezielt abzusetzen. Greifen, über die Bewegung halten und wieder loslassen – hört sich simpel an, erweist sich jedoch in der technischen Umsetzung als nicht ganz so einfach. Immerhin müssen die Bewegungen für eine extreme Werkstückvielfalt gleichermaßen gut gelingen. Punktgenau und schnell. Das alles ebenso schonend wie kraftvoll und präzise, ebenso sicher und zuverlässig wie energie- und kosteneffizient.

Definition des technischen Greifens nach VDI-Richtlinie 2860:

„Ein Greifer ist dasjenige Subsystem eines Industrieroboters, das eine begrenzte Anzahl von geometrisch bestimmten Werkstücken für einen bestimmten Zeitraum hält, d. h. die Position und Orientierung dieser Werkstücke relativ zum Werkzeug- oder Greifer-Koordinatensystem sichert. Diese Haltefunktion wird in der Regel vor dem Bewegungsvorgang aufgebaut, währenddessen beibehalten und abschließend durch Lösen wieder aufgehoben."

2 Technische Grundlagen

2.1 Mechanische Greiftechnik

2.1.1 Methoden der Greiftechnik

Aus der Komplexität der Aufgabendefinition ergibt sich zwangsläufig der Bedarf an alternativen Lösungsansätzen.

Im Zuge der Entwicklung der Automationstechnik haben sich für das Greifen unterschiedliche Methoden etabliert.

Mechanisches Greifen

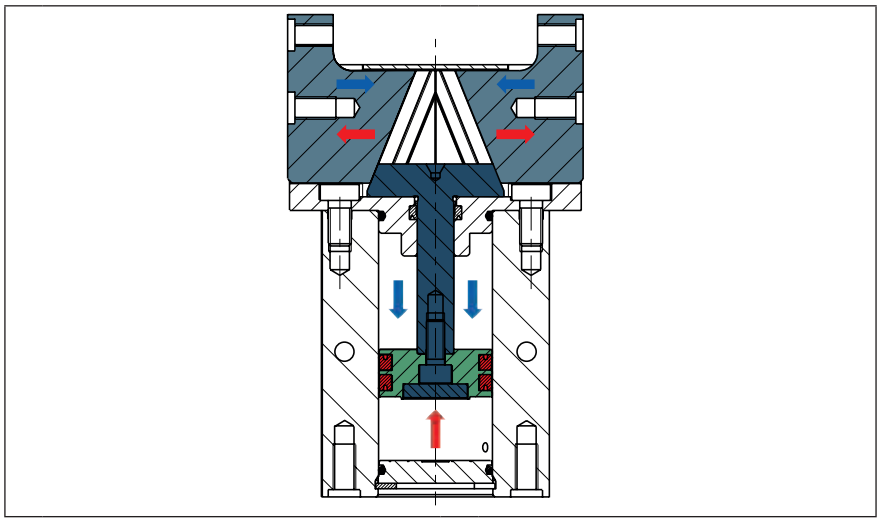


Abb. 1 Schaubild: mechanisches Greifen

Greifen mit Vakuum

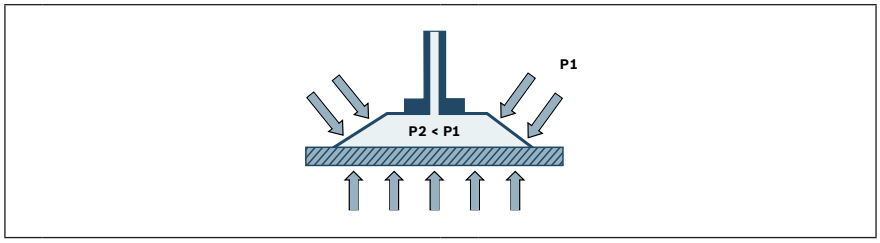


Abb. 2 Schaubild: Greifen mit Vakuum

P1 Umgebungsdruck
P2 Vakuumdruck

Greifen nach dem Bernoulli-Prinzip

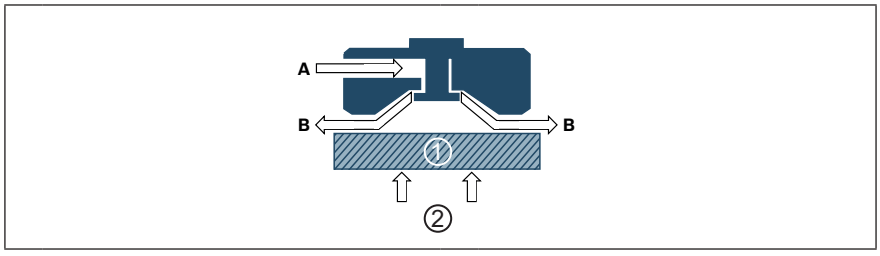


Abb. 3 Schaubild: Greifen nach dem Bernoulli-Prinzip

A Druckluft
B Luftstrom
1 Werkstück
2 Hubkraft

2.1.2 Vom Greifprinzip zum passenden Greiferkonzept

Was die menschliche Hand intuitiv macht, muss für die Automationstechnik entsprechend adaptiert werden. Dabei wird unterschieden zwischen der Art und Weise der Greifposition und der Gestaltung der Kontaktfläche:

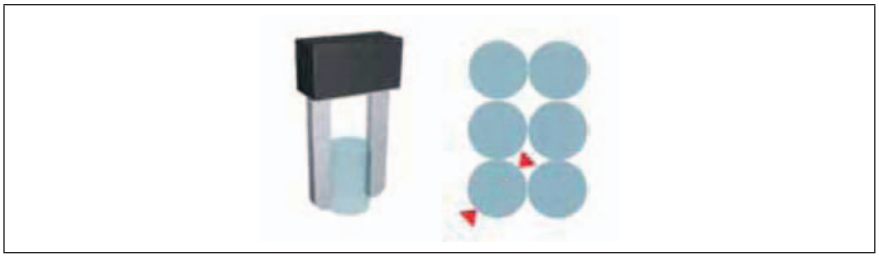


Abb. 4 Greifen von außen

Abb. 5 Greifen von innen

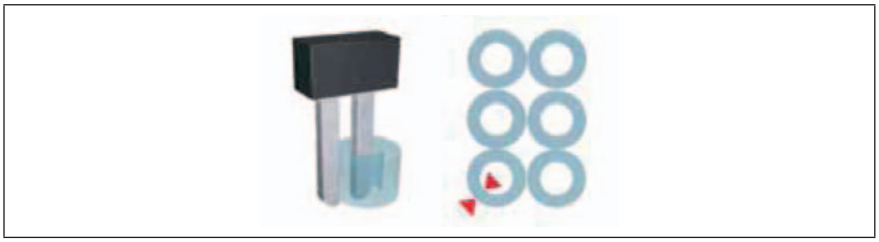


Abb. 6 Sondergreifen

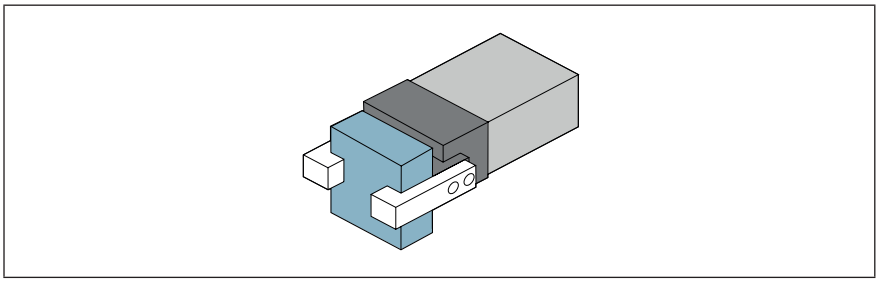


Abb. 7 Greifen mit Formschluss

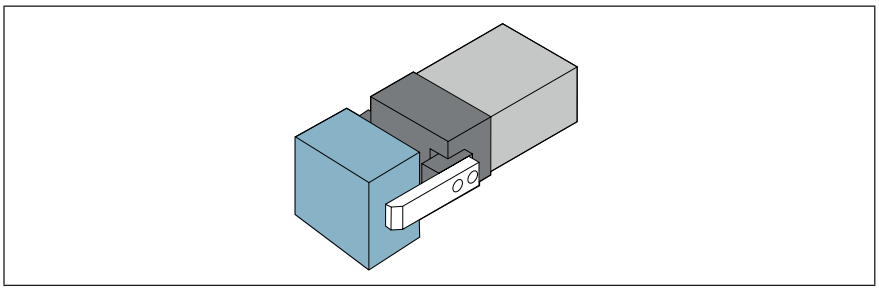


Abb. 8 Greifen mit Kraftschluss

Das Greifprinzip ist eine wesentliche Entscheidungsgröße für die Bestimmung des passenden Greifertyps und der erforderlichen Greifkräfte.

2.1.3 Funktionsweise pneumatischer Greifer

Pneumatisch betriebene mechanische Greifer werden über einen Kolben angetrieben. Die Umsetzung der Kolbenkraft in die gewünschte Greifbewegung mit den entsprechenden Kräften an den Greifbacken kann dabei über zwei unterschiedliche Wirkprinzipien realisiert werden.
Bei der Hebelgelenkmechanik wird die Bewegung über Zahnradgetriebe oder Kurvenscheiben ausgeführt.
Bei der Keilhakenkinematik werden die Kräfte formschlüssig über integrierte Schrägführungen übertragen.

- Greifkraft durch Versorgungsdruck einstellbar
- Bei Keilhakenkinematik gleichmäßiger Kraftverlauf über den gesamten Hubbereich
- Bei Hebelmechanik geringe Reibungskräfte in den Hebelgelenken

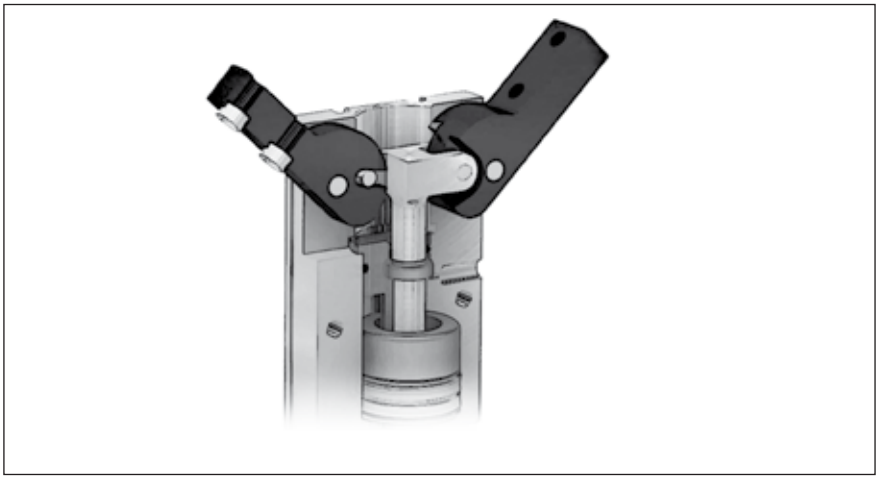


Abb. 9 Funktionsweise pneumatischer Greifer, Keilhakenkinematik

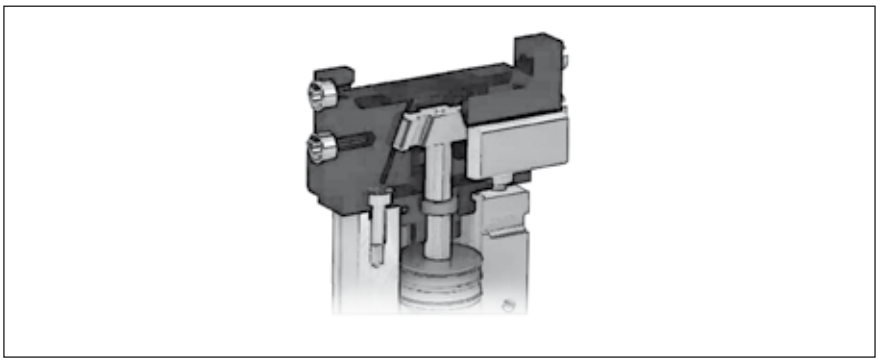


Abb. 10 Funktionsweise pneumatischer Greifer, Hebelgelenk

Welches Wirkprinzip zum Einsatz kommt, ist eine Frage der Greifaufgabe mit ihren funktionalen Anforderungen.

2.1.4 Einflussfaktoren zur Bestimmung der geeigneten Greiferlösung

Die optimale Auslegung der Greiftechnik ist eine komplexe und applikationsspezifische Aufgabe, bei der es darauf ankommt, sämtliche Einflussfaktoren angemessen zu berücksichtigen.

- Greif- und Bewegungsaufgabe
- Beschaffenheit des Werkstücks
- Arbeits- und Umfeldbedingungen
- Maschinenumgebung

Überdimensionierungen verhindern

Genaue Berechnungen des Kräftebedarfs sind nicht allein für die sichere Funktion der Greiftechnik wichtig, sie ermöglichen auch eine energieoptimierte Auslegung der Komponenten, damit immer genug, aber nicht zu viel Kraft und damit Energie verbraucht wird. Ausführliche Hinweise zu den Berechnungen finden Sie in den nachfolgenden Abschnitten.

2.1.5 Greifertypen

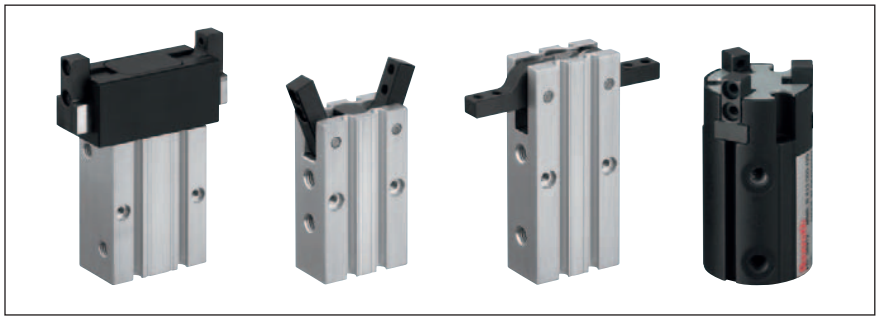


Abb. 11 Darstellung Greifertypen

Mit den vier Grundmodellen parallel, radial, winkelig und zentrisch sowie ihren Varianten und Baugrößen können die pneumatischen Greifer der AVENTICS die Aufgabenbereiche im automatisierten Handling abdecken. Darüber hinaus sind spezielle Greifer für besonders hohe Werkstückmassen oder extrem große Hübe Teil des Standardprogramms.

2.1.6 Greiferfinger

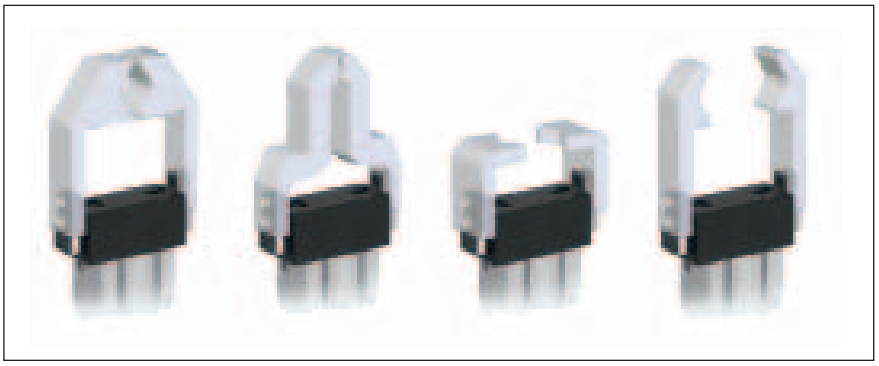


Abb. 12 Darstellung Greiferfinger

Die Greiferfinger sind das finale Element zur Aufnahme des Werkstücks. Sie werden vom Anwender individuell für das jeweils zu bewegende Werkstück angefertigt, können einfach an die Greifbacken montiert und bedarfsgenau gewechselt werden.

- Mit Formschluss und/oder Reibschluss
- Individuelle, kundenseitige Greiferfinger

2.1.7 Ermittlung der Reibungszahl µ

Die Reibungszahl µ (Reibungskoeffizient) ist ein Maß für die Reibungskraft im Verhältnis zur Anpresskraft zwischen zwei Körpern.

Aus der nachfolgenden Tabelle können Sie die Reibungszahl µ für die Greiffinger-Werkstück-Kombinationen entnehmen.

Greiffinger	Stahl	Stahl, geschmiedet	Alu	Alu, geschmiedet	Gummi
Stahl	0,25	0,15	0,35	0,2	0,5
Stahl, geschmiedet	0,15	0,09	0,21	0,12	0,3
Alu	0,35	0,21	0,49	0,28	0,7
Alu, geschmiedet	0,2	0,12	0,28	0,16	0,4
Gummi	0,5	0,3	0,7	0,4	1

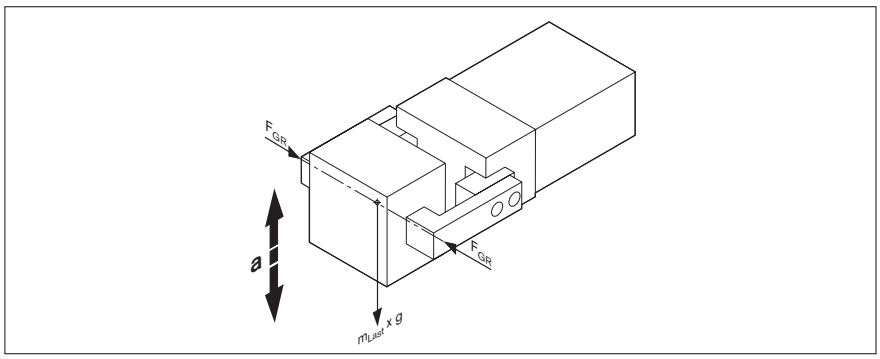
Tab. 1 Ermittlung der Reibungszahl µ

2.1.8 Greiferauslegung, vertikale Bewegung (Reibschluss)

1. Einsatzfall: Last, seitlich

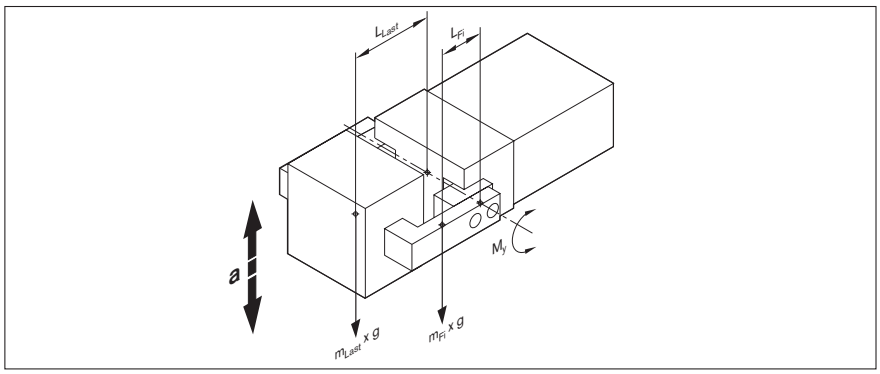
Mindestens erforderliche Greifkraft F_{Gr}

$$F_{Gr} \geq \frac{m_{Last} \times (g + a) \times S}{n \times \mu} [N]$$



Maximales Greiffingerdrehmoment M_Y (pro Greiffinger)*

$$M_Y \geq \left[\frac{m_{Last} \times L_{Last} \times (g + a)}{n} + m_{Fi} \times L_{Fi} \times (g + a)\right] \times S [Nm]$$



m_{Last} = Masse Last [kg]

m_{Fi} = Masse Greiffinger [kg]

L_{Last} = Abstand Last [m]
Mitte Backenführung/Schwerpunkt Greiffinger

L_{Fi} = Abstand Greiffinger [m]
Mitte Backenführung/Schwerpunkt Last

g = Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]

a = max. Greiferbeschleunigung/-verzögerung [m/s^2]

n = Anzahl Greiffinger

µ = Reibungszahl

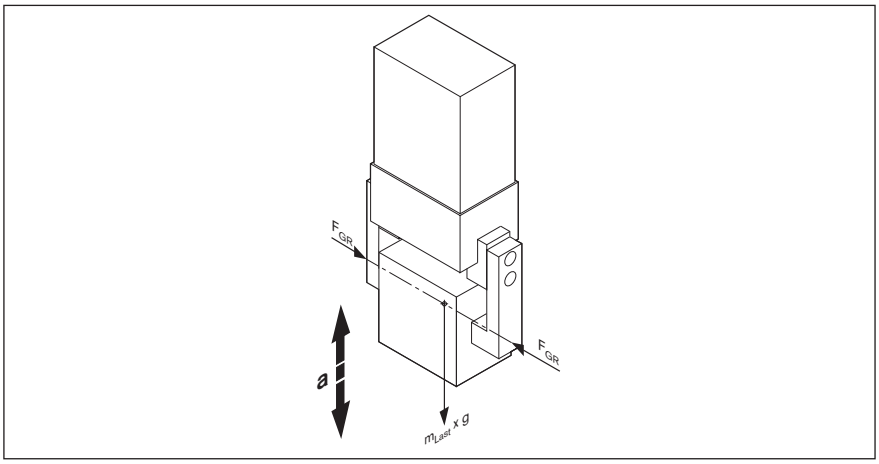
S = Sicherheitsfaktor 1,5 – 3

* Bitte Katalogangaben beachten!

2. Einsatzfall: Last, unten

Mindestens erforderliche Greifkraft F_{Gr}*

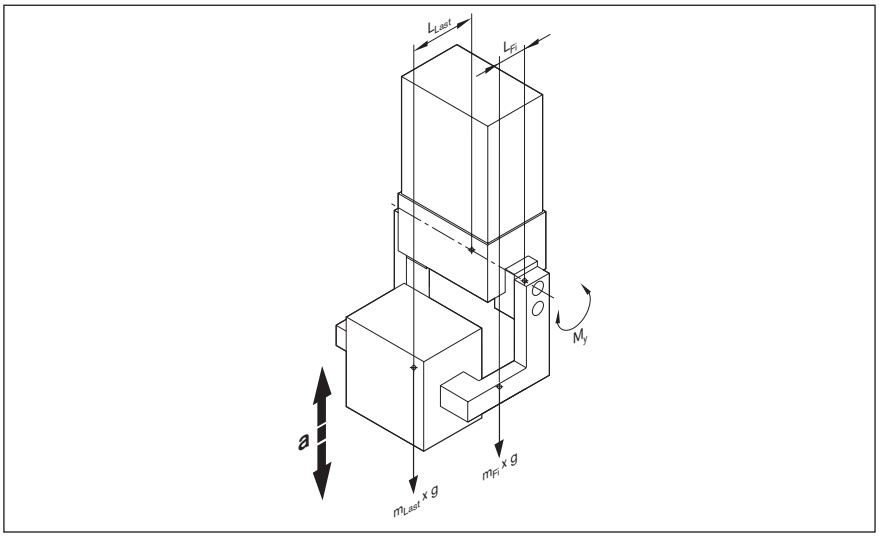
$$F_{Gr} \geq \frac{m_{Last} \times (g + a) \times S}{n \times \mu} [N]$$



* Bitte Katalogangaben beachten!

Maximales Greiffingerdrehmoment M_Y (pro Greiffinger)*

$$M_Y \geq \left[\frac{m_{Last} \times L_{Last} \times (g + a)}{n} + m_{Fi} \times L_{Fi} \times (g + a)\right] \times S [Nm]$$

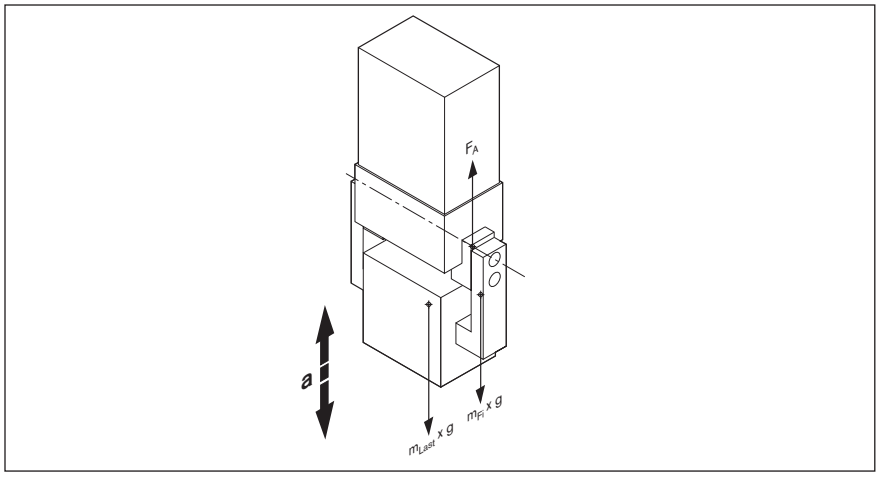


m_{Last}	=	Masse Last [kg]
m_{Fi}	=	Masse Greiffinger [kg]
L_{Last}	=	Abstand Last [m] Mitte Backenführung/Schwerpunkt Greiffinger
L_{Fi}	=	Abstand Greiffinger [m] Mitte Backenführung/Schwerpunkt Last
g	=	Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]
a	=	max. Greiferbeschleunigung/-verzögerung [m/s^2]
n	=	Anzahl Greiffinger
μ	=	Reibungszahl
S	=	Sicherheitsfaktor 1,5 – 3

* Bitte Katalogangaben beachten!

Maximal zulässige Axialkraft F_A (pro Greiffinger)*

$$M_A \geq \left[\frac{m_{Last} \times (g + a)}{n} + m_{Fi} \times (g + a) \right] \times S \text{ [Nm]}$$



m_{Last} = Masse Last [kg]

m_{Fi} = Masse Greiffinger [kg]

g = Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]

a = max. Greiferbeschleunigung/-verzögerung [m/s^2]

n = Anzahl Greiffinger

μ = Reibungszahl

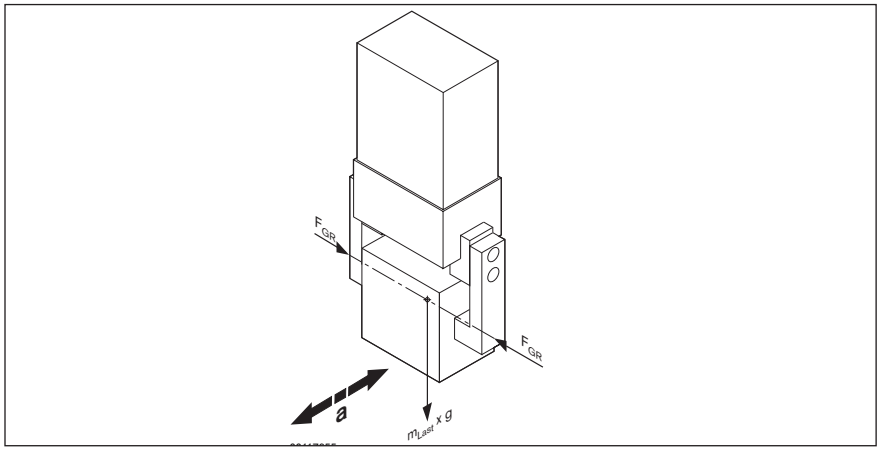
S = Sicherheitsfaktor 1,5 – 3

* Bitte Katalogangaben beachten!

2.1.9 Greiferauslegung, horizontale Bewegung (Reibschluss)

Mindestens erforderliche Greifkraft F_{Gr}*

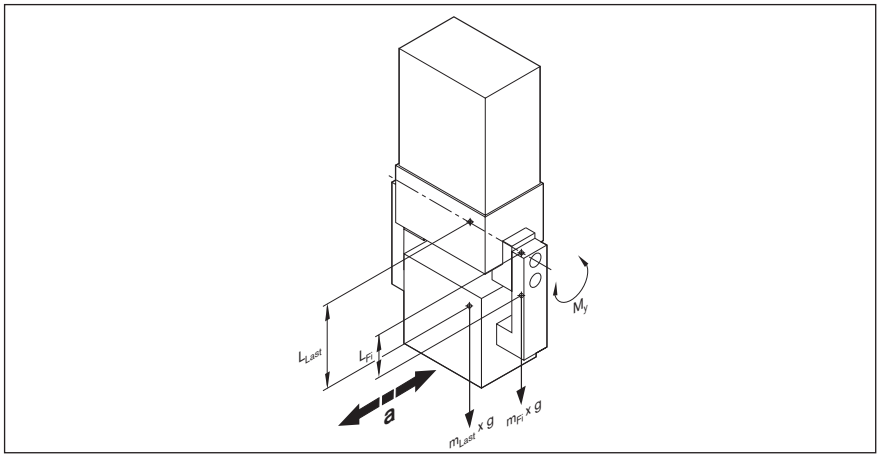
$$F_{Gr} \geq \frac{\sqrt{(m_{Last} \times a)^2 + (m_{Last} \times g)^2}}{n \times \mu} \times S \text{ [N]}$$



* Bitte Katalogangaben beachten!

Maximales Greiferdrehmoment M_Y (pro Greiffinger)*

$$M_Y \geq \left[\frac{m_{Last} \times L_{Last} \times a}{n} + m_{Fi} \times L_{Fi} \times a \right] \times S \text{ [Nm]}$$



m_{Last} = Masse Last [kg]

m_{Fi} = Masse Greiffinger [kg]

L_{Last} = Abstand Last [m]
Mitte Backenführung/Schwerpunkt Greiffinger

L_{Fi} = Abstand Greiffinger [m]
Mitte Backenführung/Schwerpunkt Last

g = Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]

a = max. Greiferbeschleunigung/-verzögerung [m/s^2]

n = Anzahl Greiffinger

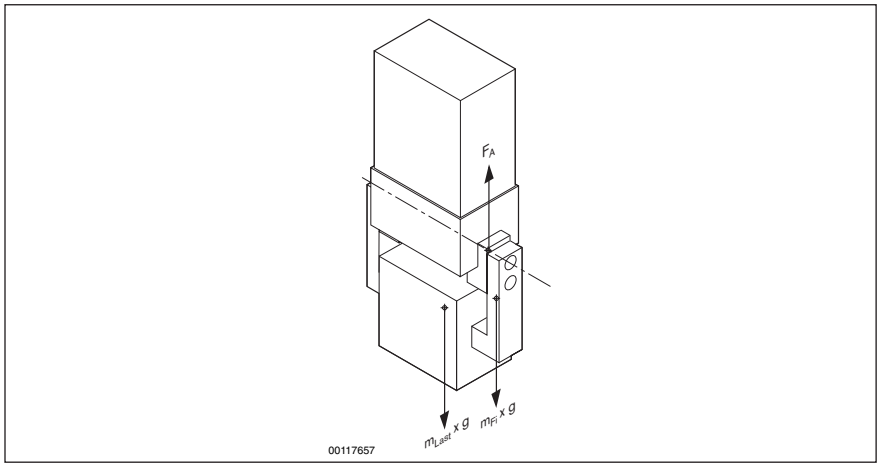
μ = Reibungszahl

S = Sicherheitsfaktor 1,5 – 3

* Bitte Katalogangaben beachten!

Maximal zulässige Axialkraft F_A (pro Greiffinger)*

$$F_A \geq \left[\frac{m_{Last} \times g}{n} + m_{Fi} \times g\right] \times S \; [N]$$



m_{Last} = Masse Last [kg]

m_{Fi} = Masse Greiffinger [kg]

g = Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]

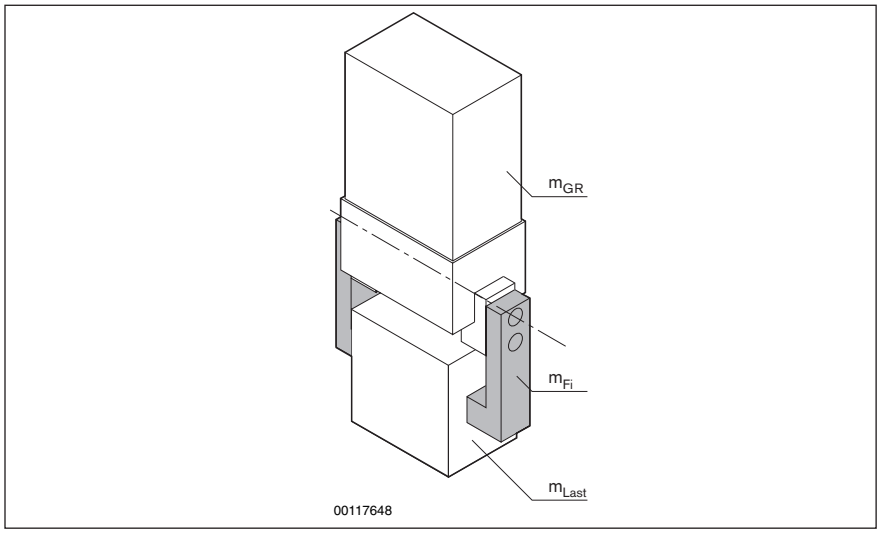
n = Anzahl Greiffinger

S = Sicherheitsfaktor 1,5 – 3

* Bitte Katalogangaben beachten!

2.1.10 Ermittlung der Gesamtmasse m_{Ges}

$$m_{Ges} = m_{Gr} + 2 \times m_{Fi} + m_{Last}$$



m_{Gr} = Masse Greifer

m_{Fi} = Masse Greiffinger (kundenseitig)

m_{Last} = Masse Last

2.2 Vakuumtechnik

2.2.1 Grundlagen der Vakuumtechnik

Was ist ein Vakuum?

Laut Definition ist ein Vakuum ein „fluidleerer Raum" mit einem absoluten Druck von 0 bar = absolutes Vakuum. Das absolute Vakuum ist jedoch nur ein theoretischer Zustand, der auf der Erde nicht erzeugt werden kann. Allgemein wird im technischen Bereich jede negative Abweichung vom normalen Atmosphärendruck von 1,013 bar als Unterdruck bzw. Vakuum bezeichnet, angegeben in -bar oder in Relation als Prozentwert.

Relatives Vakuum

In der Vakuum-Handhabung wird generell mit dem Relativwert des Vakuums gearbeitet, der das Verhältnis zum jeweiligen Umgebungsdruck angibt. Der Umgebungsdruck ist die Ausgangsbasis Null. Ein Vakuum von 60 % bedeutet somit auf Meereshöhe (Atmosphärendruck/Umgebungsdruck = 1,013 bar) ein Vakuum von ca. -0,6 bar bei einem absoluten Druck von ca. 0,4 bar.

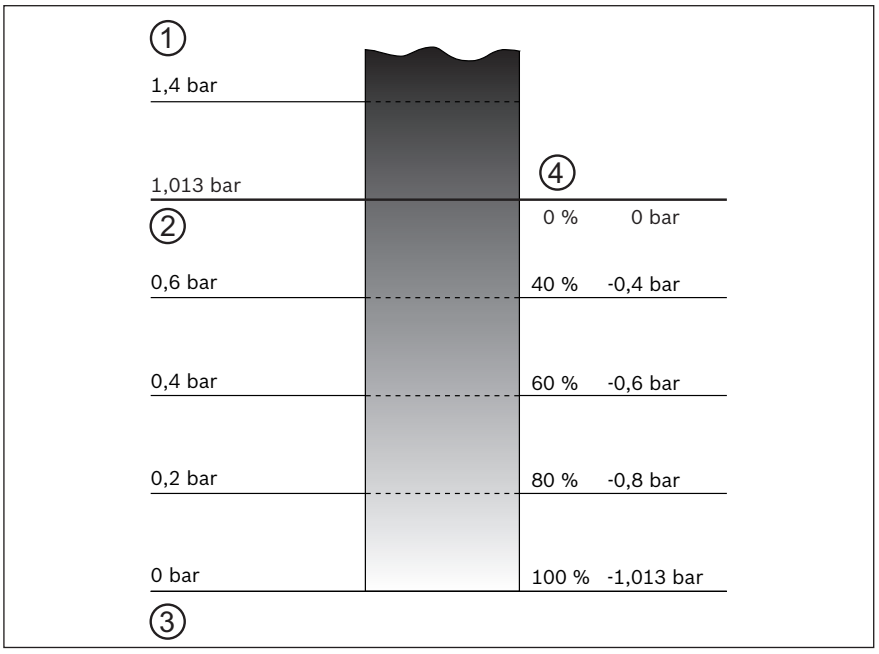


Abb. 13 Vakuum-Handhabung

1 absoluter Druck
2 Atmosphärendruck
3 absolutes Vakuum
4 relatives Vakuum

Auswirkungen des Umgebungsdrucks auf die Vakuumtechnik

Für die richtige Auslegung der Vakuumkomponenten ist von Bedeutung, in welcher Höhe die Arbeitsstätten liegen. Pro 100 m Höhenzunahme nimmt der Umgebungsdruck um ca. 12,5 mbar ab, und in gleicher Relation sinkt der erreichbare Vakuumwert und die damit mögliche Haltekraft eines Sauggreifers. Bereits in einer Höhe von 2.000 m über NN ist der atmosphärische Umgebungsdruck nur noch 0,763 bar. Ein Vakuumgrad von 60 % erzeugt hier nur noch ein Vakuum von ca. -0,45 bar bei einem absoluten Druck von ca. 0,3 bar.

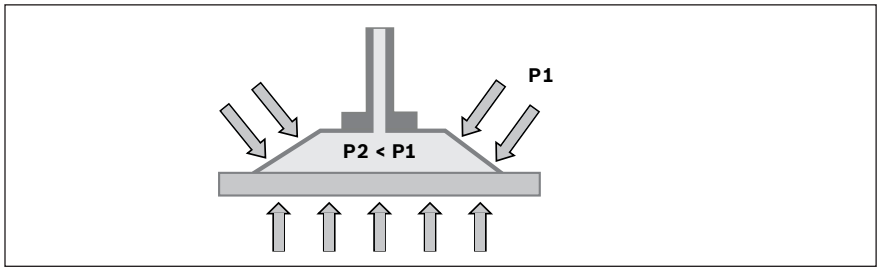


Abb. 14 Schaubild Umgebungsdruck

P1 Umgebungsdruck P2 Vakuumdruck

Wie hängen Druck und Kraft zusammen?

Die für Vakuumanwendungen genutzten Kräfte sind immer das Produkt von Druck und wirksamer Fläche:

F = p x A

F = Kraft

p = Druck

A = Fläche

Da der Faktor p auf die Höhe des Umgebungsdrucks begrenzt ist und nur relativ zu ihr erzeugt werden kann, muss die Haltekraft bei großen wirkenden Kräften über den Parameter Fläche angepasst werden. Die Haltekraft verhält sich proportional zu Vakuumgrad und Fläche eines Sauggreifers. Bei einem 60-%-Vakuum und einem Sauggreifer mit 16 mm Durchmesser entsteht z. B. bei einem atmosphärischen Druck von 1,013 bar eine Haltekraft von 8 N. Bei zunehmender Höhe verringert sich diese Kraft, was zusätzlich zu berücksichtigen ist. In 2.000 m Höhe sinkt die Haltekraft in diesem Beispiel um ca. 25 % auf etwa 6 N.

Energiebedarf für Vakuumerzeugung

Der Energiebedarf für die Erzeugung eines hohen Vakuums steigt überproportional zum erreichten Vakuumgrad. Mit der Erhöhung des Vakuums von 60 % (-0,6 bar) auf 90 % (-0,9 bar) lässt sich eine Kräftezunahme um den Faktor 1,5 erzielen, der Energiebedarf steigt dabei jedoch um den Faktor 3. Deshalb ist ein wirtschaftlich optimaler Arbeitsbereich mit einem Vakuumgrad bis maximal 80 % anzustreben:

- für dichte Oberflächen 60 % bis 80 %
- für poröse Oberflächen 20 % bis 60 %

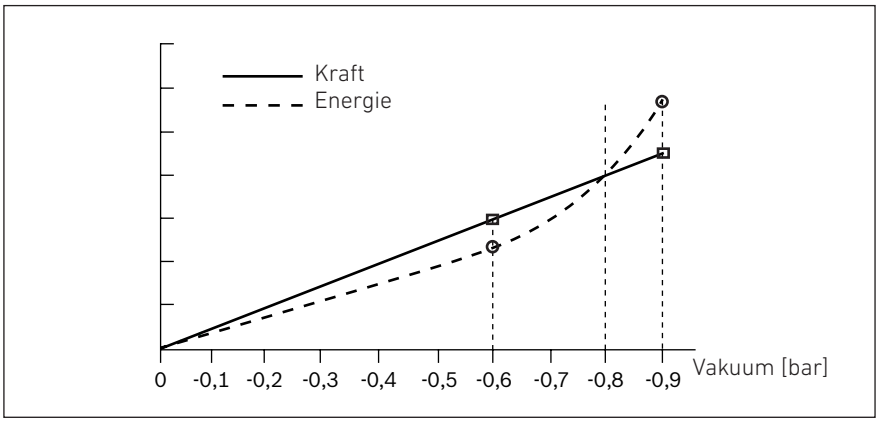


Abb. 15 Energiebedarf für Vakuumerzeugung

Vakuumbereiche

Je nach Anwendungsgebiet unterscheidet sich die Höhe des Vakuums. Für die Vakuum-Handhabung genügt ein relativ geringes Vakuum (Grobvakuum). Der Druckbereich des Grobvakuums reicht von -1 mbar bis -0,9 bar.

Die nachfolgende Tabelle zeigt Vergleichswerte zwischen Absolut- und Relativdruck.

Restdruck absolut [mbar]	Relatives Vakuum	[bar]	[N/cm²]	[kPa]	[atm, kp/cm²]	[mm H_2O]	[Torr; mm Hg]	in [Hg]
900	10 %	-0,101	-1,01	-10,1	-0,103	-1030	-76	-3
800	20 %	-0,203	-2,03	-20,3	-0,207	-2070	-152	-6
700	30 %	-0,304	-3,04	-30,4	-0,31	-3100	-228	-9
600	40 %	-0,405	-4,05	-40,5	-0,413	-4130	-304	-12
500	50 %	-0,507	-5,07	-50,7	-0,517	-5170	-380	-15
400	60 %	-0,608	-6,08	-60,8	-0,62	-6200	-456	-18
300	70 %	-0,709	-7,09	-70,9	-0,723	-7230	-532	-21
200	80 %	-0,811	-8,11	-81,1	-0,827	-8270	-608	-24
100	90 %	-0,912	-9,12	-91,2	-0,93	-9300	-684	-27

Tab. 2 Vakuum-/Druck-Umrechnungstabelle

Maßeinheiten von Druck und Vakuum

Von einer Vielzahl von Maßeinheiten für Druck haben sich in der Vakuumtechnik die Maßeinheiten Pascal [Pa], Kilopascal [kPa], Bar [bar] und Millibar [mbar] durchgesetzt.

	[bar]	[N/cm²]	[kPa]	[atm, kp/cm²]	[mm H_2O]	[Torr; mm Hg]	in [Hg]
bar	1	10	100	1,0197	10197	750,06	29,54
N/cm²	0,1	1	10	0,1019	1019,7	75,006	2,954
kPa	0,01	0,1	1	0,0102	101,97	7,5006	0,2954
atm, kp/cm²	0,9807	9,807	98,07	1	10332	735,56	28,97
mm H_2O	0,0001	0,001	0,01	0,0001	1	0,074	0,003
Torr; mm Hg	0,00133	0,01333	0,1333	0,00136	13,6	1	0,0394
in Hg	0,0338	0,3385	3,885	0,03446	345,4	25,25	1

Tab. 3 Vakuum-/Druck-Umrechnungstabelle

2.2.2 Schritte der Vakuum-Systemauslegung

1. Angaben zum Werkstück
2. Ermittlung der erforderlichen Greifkraft
3. Auswahl von geeigneten Sauggreifern
4. Auswahl von Befestigungselementen
5. Dimensionierung von Schlauchdurchmessern
6. Berechnung des zu evakuierenden Volumens
7. Auswahl und Berechnung des Vakuumerzeugers

2.2.3 Angaben zum Werkstück

Sind alle wichtigen Parameter bekannt:

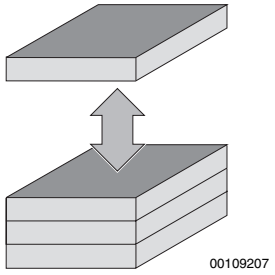
- Werkstoffmaterial (Metall, Kunststoff, Holz, Glas, Keramik, Kartonage, ...)
- Gewicht/Masse
- Abmessungen (Anzahl der Sauggreifer)
- Oberflächenbeschaffenheit (glatt, rau, leicht angeraut, empfindlich strukturiert, ...)
- Werkstoffeigenschaften (saugdicht, porös, biegsam, hart, nachgebend, ...)
- Temperaturbereich (min., max. Bearbeitungstemperatur)

2.2.4 Ermittlung der erforderlichen Greifkraft

Kräfte – wie viel müssen die Sauggreifer tragen?

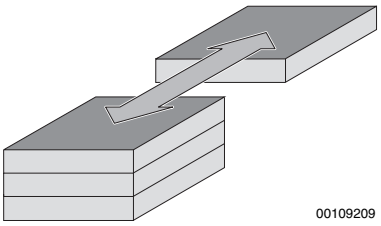
Um die Haltekräfte zu ermitteln, werden **die zu bewegende Masse** und **die Beschleunigungskräfte** benötigt. Nachfolgend sind die drei wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Lastfälle grafisch dargestellt.

Darstellung der Lastfälle



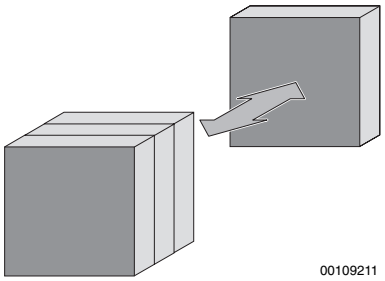
Lastfall 1:

Die Sauggreifer setzen horizontal auf ein Werkstück auf, welches nach oben hin angehoben werden soll.



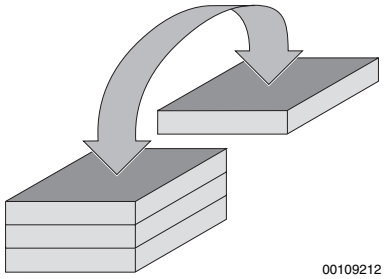
Lastfall 2:

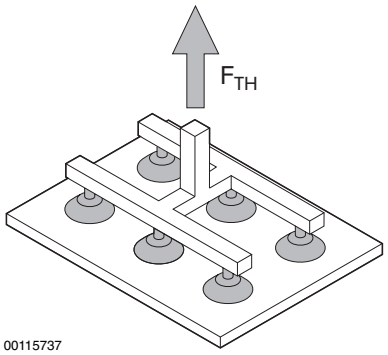
Die Sauggreifer setzen horizontal auf das Werkstück auf, welches seitlich bewegt werden soll.



Lastfall 3:

Die Sauggreifer setzen vertikal auf das Werkstück auf, welches vertikal bewegt werden soll.





Berechnung der theoretischen Haltekraft F_{TH} an einem Beispiel

Gegeben:

m = Lastmasse (Stahlplatte) = 60 kg

g = Erdbeschleunigung [9,81 m/s²]

a = max. Beschleunigung der bewegten Masse = 5 m/s²

μ = Reibwert = 0,5 (nur bei Lastfall 2 und 3)

S = Sicherheitsfaktor = 2

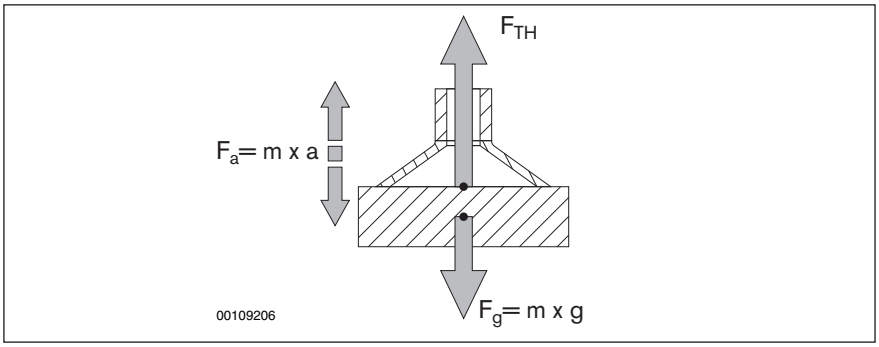
Hinweis: Für die Berechnung von kombinierten Lastfällen muss immer der ungünstigste Lastfall mit der höchsten theoretischen Haltekraft betrachtet werden.

Lastfall 1:

Sauggreiferfläche horizontal, Haltekraft F_{TH} vertikal

$F_{TH} = m \times (g + a) \times S$

$F_{TH} = 60\ kg \times (9{,}81\ m/s^2 + 5\ m/s^2) \times 2 = 1777{,}20\ N\ [kg \times m/s^2]$

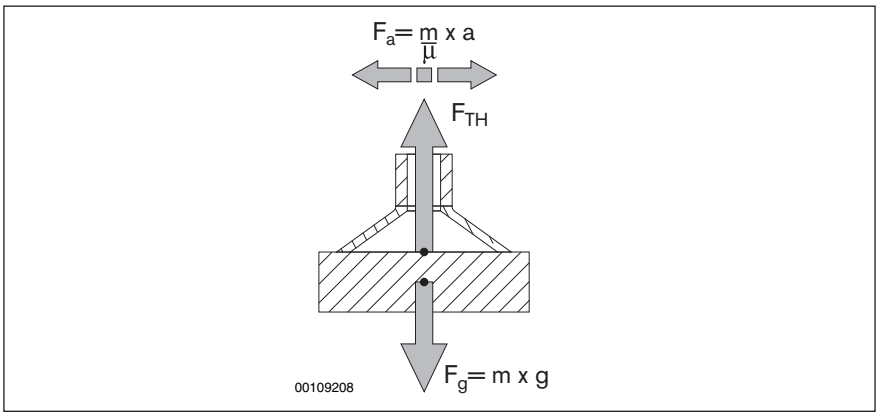


Lastfall 2:

Sauggreiferfläche horizontal, Haltekraft F_{TH} horizontal

$F_{TH} = m \times (g + a/\mu) \times S$

$F_{TH} = 60\ kg \times (9{,}81\ m/s^2 + 5\ m/s^2/0{,}5) \times 2 = 2377{,}20\ N\ [kg \times m/s^2]$

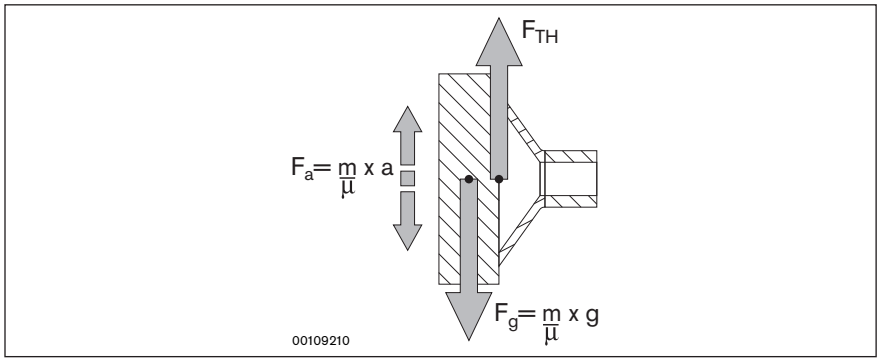


Lastfall 3:

Sauggreiferfläche vertikal, Haltekraft F_{TH} vertikal

$F_{TH} = (m / \mu) \times (g + a) \times S$

$F_{TH} = (60\ kg/0{,}5) \times (9{,}81\ m/s^2 + 5\ m/s^2) \times 2 = 3554{,}40\ N\ [kg \times m/s^2]$

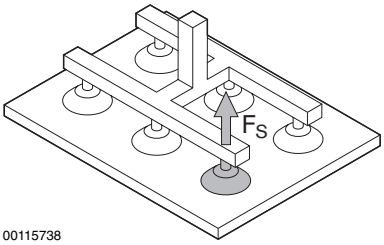


Werkstück	Reibungszahl
Plexiglas	0,45 – 0,7
Hartgummi	0,6 – 1
Spanplatte	0,7
Karton	0,5 – 0,75
Holz	0,5
Metall	0,5
Glas	0,5
Stahl	0,5
Raue Oberfläche	0,6
Ölige Oberfläche	0,25
Nasse Oberfläche	0,1

Tab. 4 Reibungszahl μ

Sicherheitsfaktor S

Bei der Berechnung von Haltekräften kann es sich immer nur um eine theoretische Betrachtung handeln. In der Praxis spielen viele Faktoren, wie z. B. Oberflächenbeschaffenheit oder Eigenstabilität des Werkstücks, eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund empfehlen wir einen Sicherheitsfaktor $S \geq 2$.



Berechnung der Haltekraft F_S pro Sauggreifer

Die Anzahl der Sauggreifer ist abhängig von der Haltekraft F_{TH} sowie von Form und Größe des Werkstücks.

Beispiel: Gegeben:

Für eine Stahlplatte im Mittelformat (2500 × 1200 mm) werden üblicherweise 6 bis 8 Sauggreifer verwendet. Wesentliches Kriterium für die Anzahl der Sauggreifer ist in diesem Beispiel die Durchbiegung beim Transport.

$F_S = F_{TH}/n$

F_S = 1777,20 N/6 = 296,20 N [kg x m/s^2]

F_{TH} = theoretische Haltekraft (siehe Lastfall 1) = 1777,20 N

n = Anzahl der Sauggreifer = 6

Hinweis: Angaben zur Tragfähigkeit der Sauggreifer können Sie aus dem Produktkatalog entnehmen. Dabei ist zu beachten, dass die angegebene Tragfähigkeit des Sauggreifers über dem errechneten Wert F_S liegt.

2.2.5 Auswahl von geeigneten Sauggreifern

Abb. 16 Sauggreifer-Varianten

Sauggreifer werden überall dort eingesetzt, wo Gegenstände, Teile, Verpackungen, etc. angehoben, transportiert, gewendet oder ähnlich bewegt werden. Als „Verbindung" zwischen Werkstück und Vakuumerzeuger hat ihre technische und konstruktive Ausformung wichtige Bedeutung.
Die Auswahl des Sauggreifer-Werkstoffs ist von folgenden Kriterien abhängig:

- nach Anwendung
- nach Beanspruchung
- nach Form und Oberfläche des Werkstücks

Diese Angaben können Sie aus den nachfolgenden Tabellen entnehmen.

Besonders geeignet für Sauggreiferanwendung	Sauggreiferwerkstoffe				
	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR]	Silikon [SI]	Polyurethan [PU]	Chloropren-Kautschuk	Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
Lebensmittelgüter	❍	✔	❍	❍	
Ölige Werkstücke	✔	❍	✔	✔	✔
Geringer Abdruck	❍	✔	✔		
Hohe Temperaturen	❍	✔	❍	❍	
Niedrige Temperaturen	❍	✔	❍	❍	❍
Sehr hohe Beanspruchung	❍	❍	✔		
Sehr glatte Oberflächen (Glas, ...)	✔	❍	✔		

Tab. 5 Auswahl der Sauggreifer-Werkstoffe nach Anwendung

✔ geeignet

❍ nicht geeignet

Beanspruchung (Beständigkeit gegen mehr oder weniger aggressive Medien)	Sauggreiferwerkstoffe				
	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR]	Silikon [SI]	Polyurethan [PU]	Chloropren-Kautschuk [CR]	Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NHBR]
Abriebbeständigkeit	●●	●	●●●●	●●	●●●
Verformung	●●	●●	●●	●●	●●
Allgemeine Witterungsbeständigkeit	●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Ozonbeständigkeit	●	●●●●	●●●	●●●	●●●●
Ölbeständigkeit	●●●●	●	●●	●●●	●●●●
Kraftstoffbeständigkeit	●●	●	●●	●	●●
Alkohol (Äthanol 96 %)	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Lösungsmittelbeständigkeit	●●	●●	●	●●	●●
Säurebeständigkeit	●	●	●	●●	●
Dampfbeständigkeit	●●	●●	●	●●	●●
Reißfestigkeit	●●	●	●●●●	●●	●●
Arbeitstemperatur °C	-10/+70	-30/+180	-40/+80	-10/+70	-20/+130
Shorehärte ISO 7619-1	40 – 90	55 – 60	72 ± 5	60 ± 5	70 ± 5

Tab. 6 Auswahl der Sauggreifer-Werkstoffe nach Beanspruchung

●●●● ausgezeichnet

●●● sehr gut

●● gut

● gering bis befriedigend

Werkstückform	Werkstück-oberfläche	Anwendungsgebiet	Sauggreifer-werkstoff	Empfohlene Sauggreiferserie
Eben bis leicht gewölbt	Glatt bis leicht angeraut	Kunststoffplatten, Holz, Span- und Faserplatten, Spritzteile, Glas, Blech, Elektronik	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR] Silikon [SI]	FSG-...
		Geölte Bleche, Kartonagen, Holzwerkstoffe, Karosserieblech, Kunststoff	Polyurethan [PU]	
	Empfindlich bis glatt	Keramik, Sintermetall (Grünlinge), Kunststoff, Spritzteile	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR] Silikon [SI]	SGN-...
	Glatt bis leicht angeraut	Kunststoffplatten, Holz, Span- und Faserplatten, Spritzteile, Glas, Blech, Elektronik	Chloropren-Kautschuk [CR] Silikon [SI] Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [HBNR]	FSR-...
Eben bis leicht gewölbt, schmale Form	Glatt bis leicht angeraut	Rohre + Profile, Blechteile, Kunststoffe, Elektronik	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR] Silikon [SI]	FSO-...
Uneben bis stark gewölbt, biegeschlaff und/oder schräg	Glatt, leicht angeraut	Spritzteile, Elektronik, Rohre + Profile, Blech, Glas	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR]	BSG-...
		Lebensmittel, Spritzteile, Elektronik, Rohre + Profile, Blech, Glas	Silikon [SI]	
		Karosserieblech, Kartonagen, Glas, Kunststoffe, Massivholz, Span- und Faserplatten	Polyurethan [PU]	
Sehr uneben bis stark gewölbt, biegeschlaff und/oder schräg	Glatt, leicht angeraut	Spritzteile, Elektronik, Rohre + Profile, Blech, Glas	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk [NBR]	BSA-...
		Lebensmittel, Spritzteile, Elektronik, Rohre + Profile, Blech, Glas	Silikon [SI]	
		Karosserieblech, Kartonagen, Glas, Kunststoffe, Massivholz, Span- und Faserplatten	Polyurethan [PU]	

Tab. 7 Auswahl der Sauggreifer-Werkstoffe nach Werkstückform und -oberfläche

2.2.6 Auswahl von Befestigungselementen

Strömungsventil, Serie VCK

Strömungsventile bieten bei automatisierten Handhabungskonzepten entscheidende Vorteile. Wenn **saugdichte Werkstücke** unterschiedlicher Abmessungen gegriffen werden, müssen die Sauggreifer nicht verstellt werden oder einzeln nachfahren, denn an den nicht belegten Sauggreifern schaltet das Strömungsventil den Volumenstrom automatisch ab. Das reduziert den Programmier- und Vorrichtungsaufwand und spart so Kosten. Außerdem dient das Strömungsventil grundsätzlich der Sicherung von Vakuumkreisen. Gibt es eine Leckage durch Abreißen des Werkstücks an einem Sauggreifer, sperrt das Strömungsventil sofort ab, und über den Bypass stellt sich eine definierte Restleckage ein.

Daneben verhindert ein eingebautes Filtersieb, dass über die Sauggreifer angezogene große und grobe Schmutzpartikel in den Vakuumkreis gelangen.

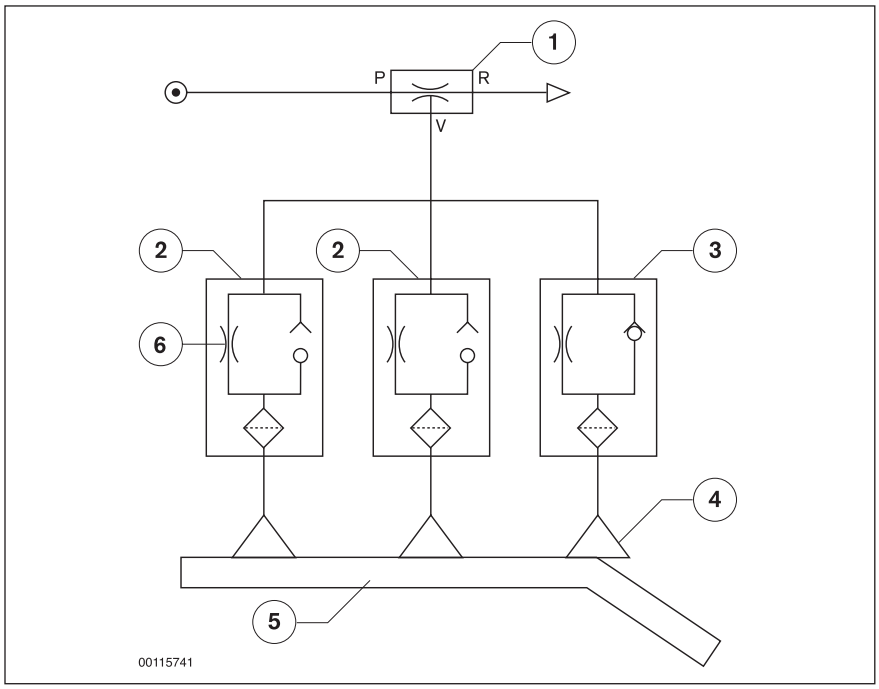


Abb. 17 Anwendungsbeispiel

1 Vakuumejektor
2 geöffnetes Strömungsventil
3 geschlossenes Strömungsventil
4 Sauggreifer
5 Werkstück
6 Bypass

Dimensionierung des Vakuumerzeugers

Konstruktiv bedingt verursachen nicht belegte Sauggreifer über den Bypass des Strömungsventils, Serie VCK, einen Leckagestrom in Abhängigkeit des zu erreichenden Unterdrucks.

Für die Dimensionierung gilt daher: Das mindestens erforderliche Saugvermögen des Vakuumerzeugers [l/min] in Abhängigkeit des Systemunterdrucks (z. B. 60 % Vakuum) muss größer sein als die Summe aller Bypass-Leckagen, die durch offene Strömungsventile erzeugt werden.

Die mindestens erforderliche Saugleistung q_{min} in Abhängigkeit vom Systemdruck ist aus dem Produktkatalog zu entnehmen.

$$q = q_{min} + n \times q_L$$

q = Saugleistung

q_{min} = Mindestens erforderliche Saugleistung

q_L = Leckage Strömungsventil

n = Anzahl Strömungsventile

VCK	FSG	SGN	BSG	BSA	FSO
M5	Ø 5 – 8	Ø 6 – 16	-	-	6 x 15 – 6 x 18
G1/8	Ø 10 – 50	Ø 20 – 30	Ø 11 – 22	Ø 7 – 20	8 x 24 – 10 x 30
G1/4	Ø 50 – 95	-	Ø 30 – 85	Ø 30 – 88	15 x 45 – 30 x 90

Tab. 8 Kombinationsmöglichkeiten von Strömungsventilen, Serie VCK, mit Sauggreifern, Serie FS.../BS.../SGN...

Adapter, Serie ACP

Der Adapter kann direkt über den Innengewindeanschluss an einer Kolbenstange befestigt werden. Der Vakuum-Steckanschluss befindet sich seitlich.

ACP	FSG	FSR	BSG	BSA	FSO
M5–M4	Ø 5 – 8	Ø 30	–	–	5×15 – 6×18
M5–M5	Ø 5 – 8	Ø 30	–	–	5×15 – 6×18
G1/8–M4	Ø 10 – 50	Ø 50	Ø 11 – 22	Ø 7 – 19	8×24 – 10×30
G1/8–M6	Ø 10 – 50	Ø 50	Ø 11 – 22	Ø 7 – 19	8×24 – 10×30
G1/8–M8	Ø 10 – 50	Ø 50	Ø 11 – 22	Ø 7 – 19	8×24 – 10×30
G1/4–M8	Ø 60 – 95	Ø 75	Ø 33 – 78	Ø 32 – 88	15×45 – 30×80
G1/4–M10×1.25	Ø 60 – 95	Ø 75	Ø 33 – 78	Ø 32 – 88	15×45 – 30×80
G3/8–M10×1.25	–	Ø 100	–	–	–
G3/8–M12×1.25	–	Ø 100	–	–	–
G3/8–M16×1.25	–	Ø 100	–	–	–

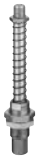
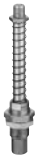
Tab. 9 Kombinationsmöglichkeiten von Adapter, Serie ACP, mit Sauggreifern, Serie FS…/BS…

Winkelausgleich, Serie AJT

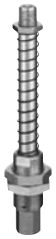
Der Winkelausgleich in Ergänzung zum starren oder gefederten Befestigungselement ermöglicht die bessere Anpassung des Greifers an eine unebene Werkstückoberfläche bis zu einer Neigung von 12°.

AJT	FSG	FSR	FSO
G1/4–G1/4	Ø 50 – 95	Ø 75	15×45 – 30×90
M10×1.25–G1/4	Ø 120 – 150	–	–
G1/2–G1/2	–	Ø 150	–

Tab. 10 Kombinationsmöglichkeiten von Winkelausgleich, Serie AJT, mit Sauggreifern, Serie FS…

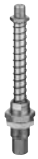
AJT	PSL-1/4	PSL-1/2
		
G1/4–G1/4	●	–
M10×1.25–G1/4	●	–
G1/2–G1/2	–	●

Tab. 11 Kombinationsmöglichkeiten von Winkelausgleich, Serie AJT, mit Federstößeln, Serie PSL



Federstößel, Serie PSL

Federstößel gleichen Höhendifferenzen aus und schonen darüber hinaus empfindliche Werkstücke durch weiches, abgefedertes Aufsetzen.

PSL	FSG	FSG	SGN	FSR
				
M3	–	Ø 2 – 3,5	Ø 6 – 16	–
M5	–	Ø 5 – 8	–	–
G1/8	Ø 15 – 50	–	–	Ø 50
G1/4	Ø 60 – 95	–	–	Ø 75
G1/2	Ø 120 – 150	–	–	Ø 150

Tab. 12 Kombinationsmöglichkeiten von Federstößeln, Serie PSL, mit Sauggreifern, Serie FS.../SGN...

2.2.7 Dimensionierung von Schlauchdurchmessern

Auswahlkriterien

- Schläuche werden passend zum Sauggreiferdurchmesser ausgewählt. Der empfohlene Schlauchinnendurchmesser d_E zu den jeweiligen Sauggreifern ist der Tabelle zu entnehmen.
- Bei der Verwendung von Steckverschraubungen ist darauf zu achten, dass die ausgewählten Schläuche absolut dichte Verbindungen herstellen.
- Bei Schläuchen handelt es sich oft um dynamisch beanspruchtes Material, z. B. mit Schleppkettentauglichkeit oder Ähnlichem.

Ø d_E [mm]	V [l/m]	FSG	SGN	FSR	BSG	BSA
2	0,0031	Ø 1 – 10	Ø 6 – 16	–	–	–
4	0,0126	Ø 15 – 50	Ø 20 – 30	–	Ø 11 – 22	Ø 7 – 20
6	0,0283	Ø 60 – 95	–	Ø 30 – 75	Ø 33 – 78	Ø 32 – 88
9	0,0636	–	–	Ø 100 – 150	–	–
11	0,1131	Ø 120	–	Ø 225 – 300	–	–

Tab. 13 Empfohlener Schlauchinnendurchmesser d_E (bei einer max. Länge von 2 m) für Sauggreifer, Serie FS.../SGN.../BS...

Dimensionierung der Schlauchinnendurchmesser d_S, d_E

Hinweis: Die Berechnung ist nur bei Einzelleitungen mit gleichem Innendurchmesser d_E anwendbar!

Bei der Dimensionierung von Sammelleitungsinnendurchmesser d_S gilt allgemein:

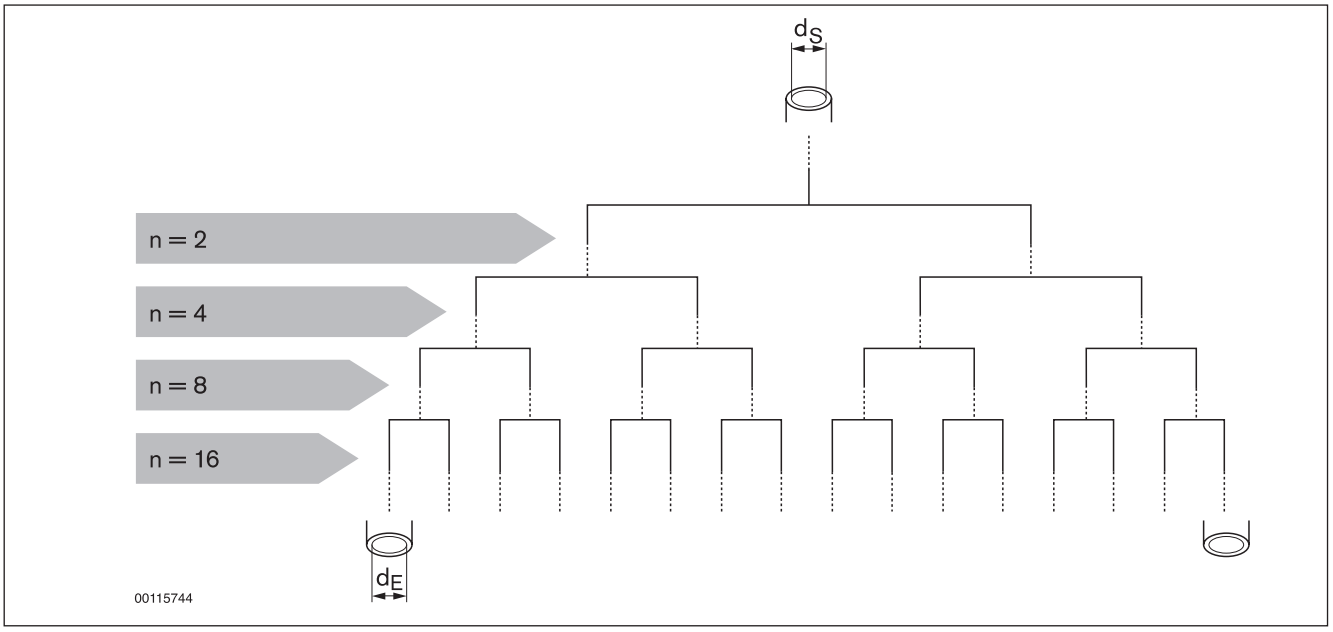


Abb. 18 Dimensionierung der Schlauch-Innen

d_S = Sammelleitungsinnendurchmesser

d_E = Einzelleitungsinnendurchmesser

n_L = Anzahl der Einzelleitungen

Beispiel: Gegeben:

4 Einzelleitungen (n = 4) mit Innendurchmesser d_E = 2 mm sollen auf eine gemeinsame Sammelleitung gebündelt werden.

Wie groß ist der Sammelleitungsinnendurchmesser d_S zu wählen?

Gesucht / ermittelt:

$d_S = d_E \times \sqrt{n}$ $\quad d_S = 2\ mm \times \sqrt{4}$

d_S = 4 mm

2.2.8 Berechnung des zu evakuierenden Gesamtvolumens V_G

$$V_G = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

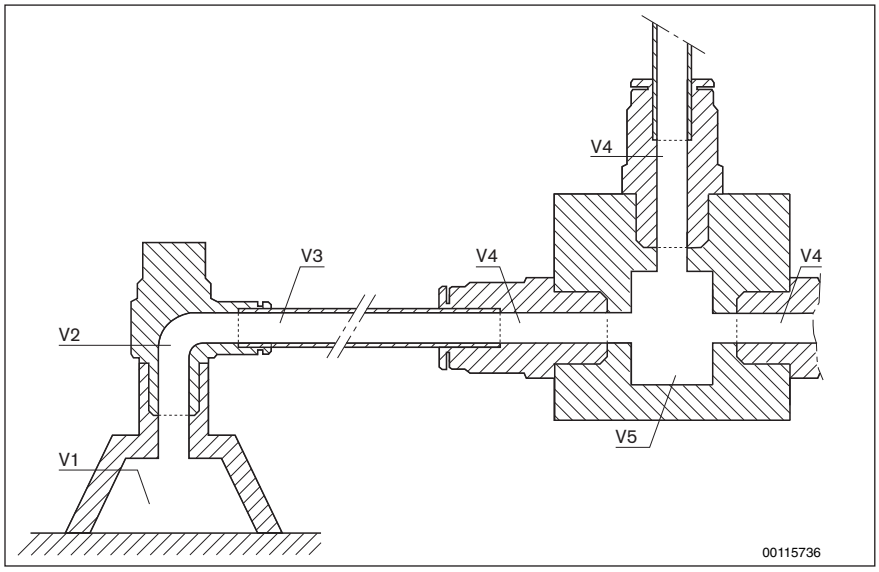


Abb. 19 Berechnungsbeispiel

V_G = Evakuierendes Gesamtvolumen

V_1 = Volumen „Sauggreifer“
(Angaben können Sie aus dem Produktkatalog entnehmen)

V_2 = Volumen „Befestigungselemente“

V_3 = Volumen „Schläuche“

V_4 = Volumen „Verschraubungen“

V_5 = Volumen „Verteiler, Vorfilter, Ventile, ...“

2.2.9 Berechnung und Auswahl des Vakuumerzeugers

Die Auswahl des Vakuumerzeugers (Ejektor, Pumpe oder Gebläse) wird durch mehrere Faktoren bestimmt (siehe auch nachfolgende Abbildung):

- Eigenschaften des Werkstücks (porös, saugdicht)
- mögliche Energieversorgung (Strom, Druckluft)
- Restriktionen für Baugröße und Gewicht
- Einhaltung von Zykluszeiten
- erforderliches Vakuum
- erforderliche Saugleistung

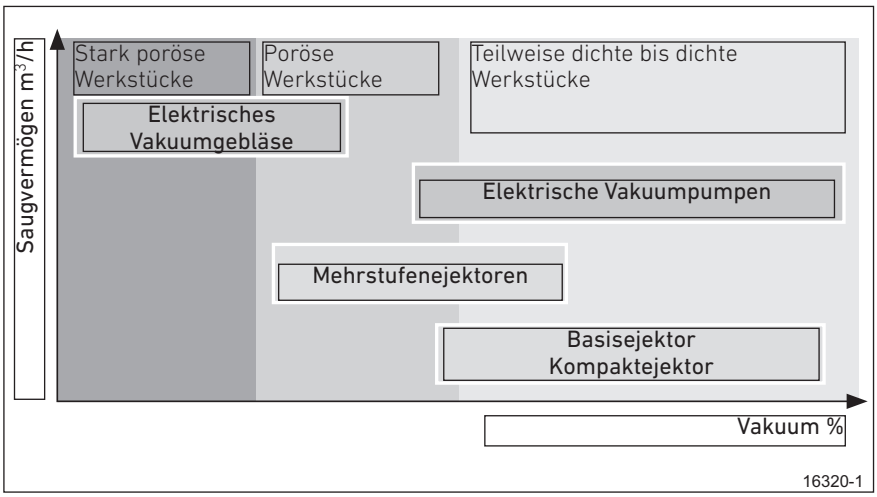


Abb. 20 Faktoren zur Auswahl

Vakuum nach dem Venturi-Prinzip

Die pneumatisch betriebenen Vakuumejektoren arbeiten nach dem Venturi-Prinzip. Kernstück der Ejektoren sind eine oder mehrere hintereinander geschaltete Venturidüsen. Die eingeleitete Druckluft durchströmt die Düse und wird dabei beschleunigt und komprimiert. Unmittelbar nach der Venturidüse entspannt sich die beschleunigte Luft, es entsteht ein Unterdruck und Luft wird durch den Vakuumanschluss angesaugt. Die angesaugte Luft und die Druckluft treten über den Schalldämpfer aus.

3 Produkte

3.1 Basis- und Inline-Ejektoren (einstufig)

- Serie EBS (Ejector Basic System) sind einstufige Vakuumerzeuger nach Venturiprinzip.
  - Kunststoff
  - 6 Leistungsstufen
  - Minimierte Abmessungen
  - Druckluft und Vakuum in axialer Richtung
- Serie EBP (Ejector Basic Pneumatically) sind einstufige Vakuumerzeuger.
  - Aluminium

Die Inline-Ejektoren sind mit axialem Druckluft- und Vakuumanschluss für den direkten Einbau in die Vakuumleitung konzipiert.

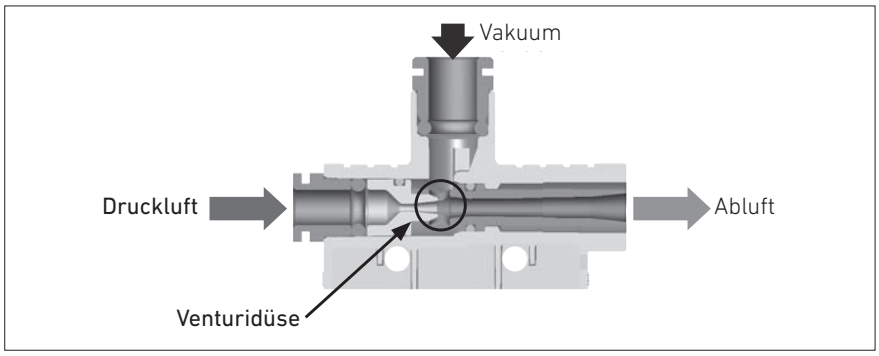


Abb. 21 Funktionsweise eines einstufigen Ejektors (EBS-PT)

Einsatzvoraussetzungen:

- Werkstück saugdicht
- Energieversorgung Druckluft
- kurze Transportwege des Vakuums, lange Transportwege mittels **Luftsparautomatik** möglich

Anwendungsgebiete:

- Industrieroboter
- Verpackungsindustrie
- Montageautomation

3.2 Mehrstufenejektoren

Serie EMP

Mehrstufenejektoren mit mehreren hintereinander geschalteten Venturidüsen verfügen über ein sehr großes Saugvermögen.

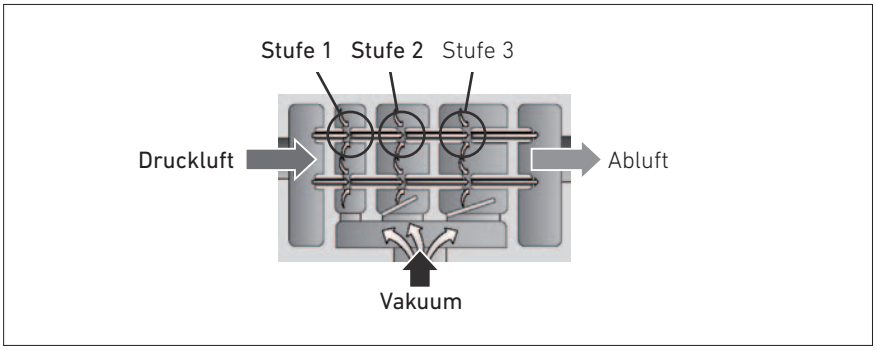


Abb. 22 Funktionsweise eines mehrstufigen Ejektors (EMP)

Einsatzvoraussetzungen:

- Werkstück porös
- Energieversorgung Druckluft
- kurze Transportwege des Vakuums
- Kundenvorgaben

Anwendungsgebiete:

- Papier verarbeitende Industrie
- Verpackungstechnik

Mindestens erforderliche Saugleistung

- Generell sind Porosität und Oberflächenstruktur des Werkstücks maßgebend für eine Bestimmung der Saugleistung.
- Bei porösen Teilen sind unbedingt Saugversuche erforderlich, um die Saugleistung zu bestimmen.

3.3 Kompaktejektoren

Serien ECS, ECM

Bei den Kompaktejektoren sind Vakuumerzeugung, Steuerventile, Filter, Schalter und Schalldämpfer in einer Einheit integriert.

Berechnung der erforderlichen Saugleistung q

Ohne Berücksichtigung der Evakuierungszeit

In der folgenden Tabelle finden Sie eine überschlägige Empfehlung zur Saugleistung q_S pro Sauggreifer in Abhängigkeit vom Sauggreiferdurchmesser. Die angegeben Werte gelten unabhängig von der Art der Vakuumerzeugung.

Hinweis: Die empfohlene Saugleistung q_S gilt pro Sauggreifer und bei glatten, saugdichten Oberflächen!

Sauggreifer-Ø [mm]	Erforderliche Saugleistung pro Sauggreifer q_S [l/min]
60	8,3
60 – 120	16,6
121 – 215	33,3
216 – 450	66,6

Tab. 14 Empfehlung zur Saugleistung

$q = n \times q_s$

q = erforderliche Saugleistung des Vakuumerzeugers

q_S = Saugleistung pro Sauggreifer

n = Anzahl der Sauggreifer

Beispiel: Gegeben:

Sauggreifer Ø 95 mm

Saugleistung q_S pro Sauggreifer = 16,6 l/min (aus Tabelle)

Anzahl der Sauggreifer n = 6

Gesucht/ermittelt:

$q = n \times q_s$ q = 6 x 16,6 l/min = 99,6 l/min

Unter Berücksichtigung der Evakuierungszeit t

$$q = \frac{1{,}3 \times V_G \times K}{t}$$

$$K = \ln\left(\frac{p_{amb}}{p_{abs}}\right)$$

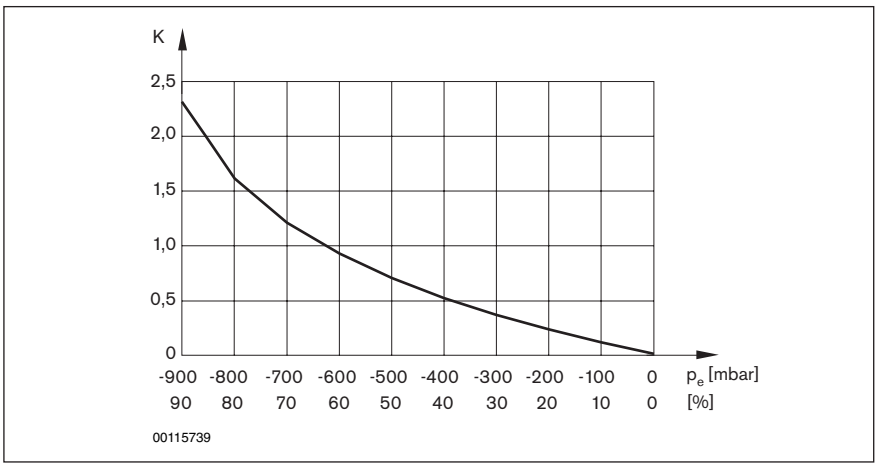


Abb. 23 Evakuierungskorrekturfaktor K

- q = erforderliche Saugleistung des Vakuumerzeugers
- p_{abs} = absoluter Druck
- p_{amb} = atmosphärischer Druck (1013 mbar)
- p_e = Druck (Vakuum)
- V_G = zu evakuierendes Gesamtvolumen
- K = Evakuierungskorrekturfaktor
- t = Evakuierungszeit

Beispiel: Gegeben:

- V_G = zu evakuierendes Gesamtvolumen = 0,5 l
- K = Evakuierungskorrekturfaktor = 0,929 (aus Diagramm) bei 60 % Vakuum
- t = Evakuierungszeit = 0,4 s

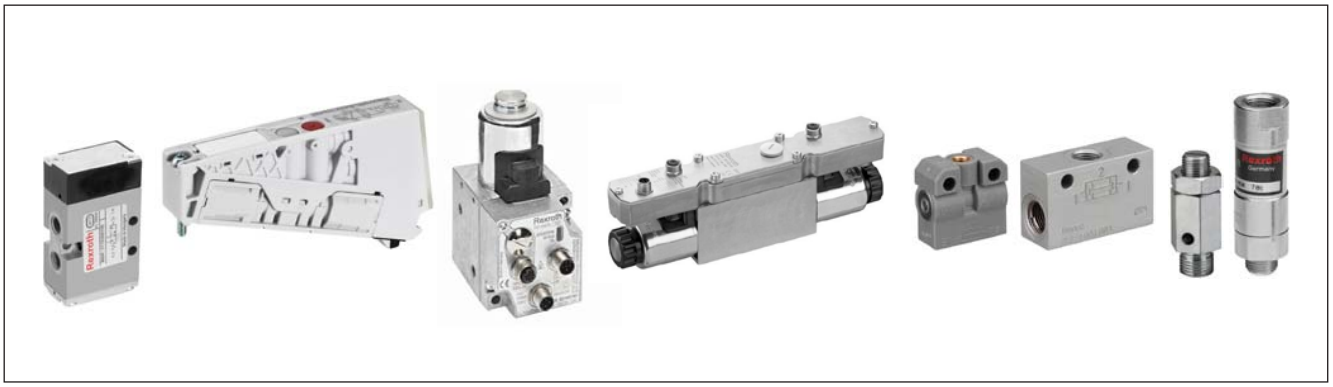
Gesucht/ermittelt:

$$q = \frac{1{,}3 \times V_G \times K}{t}$$

$$q = \frac{1{,}3 \times 0{,}5\ \text{l} \times 0{,}929}{0{,}4\ \text{s}}$$

q = 90,6 l/min

VI Ventile



1	**Einführung**	**132**
2	**Technische Grundlagen**	**133**
2.1	Anschlussgröße	133
2.2	Durchfluss	133
2.2.1	Allgemeine Beschreibung	133
2.2.2	Durchflusskennwerte in Anlehnung an die ISO 6358	133
2.2.3	b-Wert	133
2.2.4	C-Wert	134
2.2.5	Durchflussberechnung	134
2.2.6	Nenndurchfluss	134
2.3	Nennweite	134
2.4	Schaltzeiten	134
2.5	Überschneidung	135
2.6	Handhilfsbetätigung	135
2.7	Rückstellarten	135
3	**Produkte**	**135**
3.1	Wegeventile	136
3.1.1	Konstruktionsprinzipien	136
3.1.2	Art der Abdichtung	137
3.1.3	Bezeichnung und Darstellung	138
3.1.4	Ventilstellungen	139
3.1.5	Bezeichnung der Anschlüsse	140
3.1.6	Einteilung nach Ventilbetätigungsarten	140
3.1.7	Magnetventile	142
3.1.8	Haltestromabsenkung	143
3.1.9	Direkte und indirekte Steuerung	143
3.1.10	Interne und externe Vorsteuerung	144
3.1.11	Einseitig und beidseitig betätigte Ventile	144
3.1.12	Zusammenfassung Wegeventile	145
3.2	Sperrventile	145
3.2.1	Logikventile	145
3.2.2	Rückschlagventile	147
3.2.3	Schnellentlüftungsventile	148
3.3	Stromventile	149
3.3.1	Drosselventile	149
3.3.2	Drosselrückschlagventile	149
3.4	Druckventile	151
3.4.1	Druckregelventile (Druckminderer)	151
3.4.2	Druckschaltventile (Druckschalter)	151
3.4.3	Druckbegrenzungsventile (Überdruckventil)	152

1 Einführung

Ventile steuern und beeinflussen den Luftdruckstrom. Sie führen diesen beispielsweise dosiert und zu einem bestimmten Zeitpunkt Aktoren (z. B. Zylindern) zu.

Damit gehören Ventile als Stellglieder zu den wesentlichen Komponenten einer pneumatischen Steuerung, die in einer Steuerkette dargestellt werden kann.

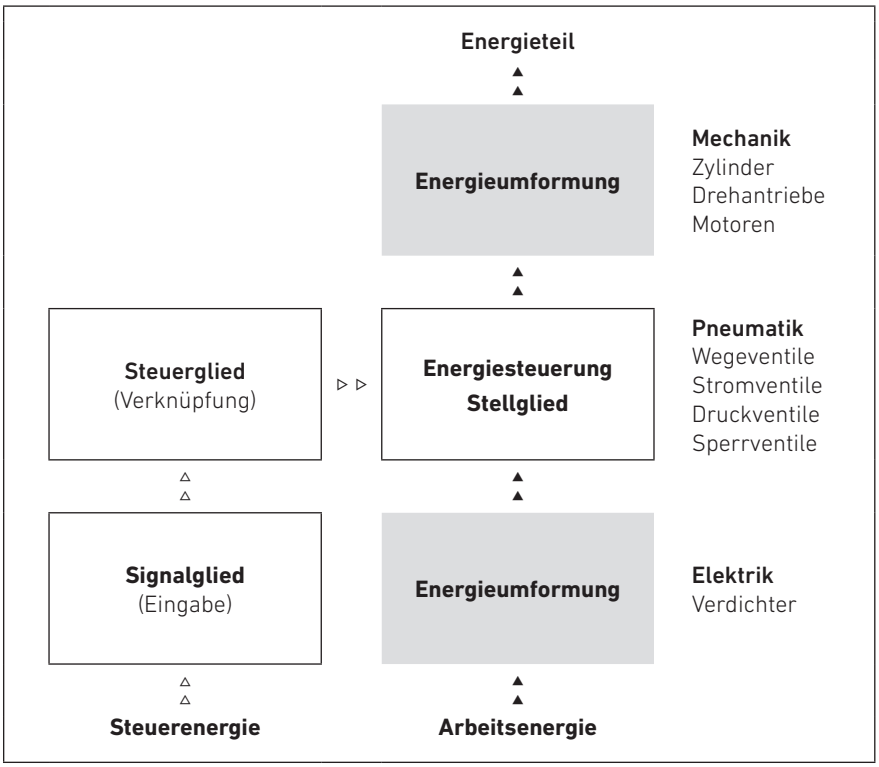


Abb. 1 Grundstruktur einer pneumatischen Steuerung

In einer Steuerkette können Ventile folgende Funktionen übernehmen:

- Signalglieder (z. B. Erfassen von Antriebspositionen durch Tastrollen)
- Steuerglieder (z. B. Verknüpfen von Signalen)
- Stellglieder (z. B. Ansteuern von pneumatischen Zylindern)

Bei rein pneumatischen Steuerungen werden die Stellglieder mit pneumatischer Steuerenergie versorgt. Bei elektropneumatischen Steuerungen werden als Stellglieder „Wandler“ (Magnetventile) eingesetzt und arbeiten mit elektrischer Steuerenergie.

2 Technische Grundlagen

2.1 Anschlussgröße

Als Anschlussgröße wird das Anschlussgewinde angegeben:

- metrisch (z. B. M 5)
- Whitworth-Rohrgewinde
  - z. B. G 1/8": Das G steht nach DIN ISO228 für ein Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen.
  - z. B. R 1/8": Das R steht nach DIN ISO228 für ein Rohrgewinde mit zylindrischem Innengewinde und konischem Außengewinde.

2.2 Durchfluss

2.2.1 Allgemeine Beschreibung

Durchflusswerte erlauben einen Vergleich verschiedener Produkte (Ventile) und geben einen Hinweis auf das Leistungsvermögen.

Der Durchflusswert wird üblicherweise in Normliter je Minute (Nl/min) angegeben. Hierbei ist der Bezug auf eine Norm notwendig, denn Luft ist kompressibel und verändert unter Druck und Temperatur sein Volumen.

Für die Pneumatik ist der Normzustand nach ISO 8778 folgendermaßen definiert:

- Pnorm = 1 bar a (a = absolut)
- Tnorm = 293,15 K (20 °C)
- Luftfeuchte = 65 %

Umrechnungen von Zuständen folgen dem Gesetz der Gasgleichung P * V = m * R * T.

2.2.2 Durchflusskennwerte in Anlehnung an die ISO 6358

Grundsätzlich ist der Strömungszustand innerhalb eines Prüflings in zwei Bereiche zu unterteilen. Je nach Druckgefälle strömt die Luft entweder mit einer Geschwindigkeit unterhalb der Schallgeschwindigkeit (unterkritischer Bereich) oder aber maximal mit der Schallgeschwindigkeit (überkritischer Bereich) von ca. 340 m/s.

Im überkritischen Bereich ist der Durchfluss linear abhängig vom Vordruck und lässt sich relativ einfach berechnen. Für den unterkritischen Zustand kann für die theoretische Berechnung des Durchflusses die Ellipsengleichung angewendet werden.

2.2.3 b-Wert

Das kritische Druckverhältnis „b" ist das Verhältnis von absolutem Ausgangsdruck zu absolutem Eingangsdruck, bei welchem der Übergang zur Schallgeschwindigkeit stattfindet.

Normale Ventile haben einen b-Wert von ca. 0,2 bis 0,4.

Ideale Düsen können maximal 0,528 erreichen.

2.2.4 C-Wert

$$C = \frac{Q_{norm}}{P_1}$$

Für die kritische Strömung gilt folgender Zusammenhang: Der Leitwert „C" eines Bauteils ist das Verhältnis des Volumenstroms zum Absolutdruck der Eingangsseite (Vordruck).

2.2.5 Durchflussberechnung

Anhand der Kenndaten „b" und „C" kann für jedes beliebige Druckverhältnis der Durchfluss berechnet werden. Entsprechende Berechnungsprogramme finden Sie im AVENTICS Online-Katalog.

2.2.6 Nenndurchfluss

Zusätzlich zu den „b"- und „C"-Werten wird häufig noch der Nenndurchfluss als Katalogangabe verwendet.

Der Nenndurchfluss ist definiert für einen Eingangsdruck (Vordruck) von 7 bar absolut und einer Druckdifferenz von 1 bar.

2.3 Nennweite

Die Nennweite (NW) entspricht dem Durchmesser der kleinsten Öffnung des Druckluftwegs innerhalb eines Ventils.

2.4 Schaltzeiten

Nach ISO 12238 ist die Schaltzeit wie folgt definiert: Die Schaltzeit ist die Zeit beginnend von der Änderung des Steuersignals bis zu dem Zeitpunkt, an dem sich der Druck am Ausgang um 10 % des Messdrucks geändert hat. Dabei wird jeweils nur an einem Ausgang gemessen.

Die Schaltzeit wird bei 6,3 bar gemessen bzw. beim maximal zulässigen Betriebsdruck, wenn dieser geringer als 6,3 bar ist. Die Füllzeit wird dabei mit t_F und die Entlüftungszeit mit t_E bezeichnet.

Füllzeit t_F [ms]

Zeit vom Schaltsignal (t_0) bis zum Druckaufbau auf 10 % des Vordrucks in der Arbeitsleitung

Entlüftungszeit t_E [ms]

Zeit vom Schaltsignal (t_0) bis zum Druckabbau auf 90 % des Vordrucks in der Arbeitsleitung

Die Schaltzeiten von Ventilen liegen im Millisekundenbereich, wie zum Beispiel das schnelle beidseitig betätigte 5/2-Wegeventil der Serie AV03, das Einschalt- und Ausschaltzeiten von 8 ms erreicht.

2.5 Überschneidung

Der Begriff Überschneidung beschreibt das Verhalten des Ventils in der Umschaltphase.

Der Begriff überschneidungsfrei bedeutet, dass die Druckluftkanäle im Ventil sicher voneinander getrennt sind und es zu keinen Luftstromüberschneidungen kommt. Dies ist beispielsweise Voraussetzung für einen Zweidruckbetrieb eines Ventils (z. B. Einsatz Zylinderbetrieb mit unterschiedlichem Last- und Entlastungsdruck).

2.6 Handhilfsbetätigung

Bei pneumatisch oder elektrisch betätigten Ventilen wird zur einfachen Handhabung häufig eine Handhilfsbetätigung vorgesehen. Dadurch ist ein Schalten auch ohne Steuerenergie möglich.

2.7 Rückstellarten

Die Rückstellung eines Ventils kann durch eine **mechanische Feder** und/oder über Luftdruck erfolgen. Bei der ständigen integrierten Rückstellung über Luftdruck spricht man von einer **Luftfeder**.

Einsatz von Ventilen mit einer mechanischen Feder

Beim Einsatz einer mechanischen Feder wird der Schieber (Kolben) durch die Federkraft in seine Ausgangslage zurückgebracht, sobald kein Luftdruck vorhanden ist. Der Einsatz von Ventilen mit einer mechanischen Rückstellung kann bei ATEX-Einsatzgebieten zu Problemen führen, da durch einen möglichen Federbruch Funken entstehen könnten. Zudem kann die Lebensdauer der Ventile reduziert werden, weil die Metallfeder eine gewisse Querkraft auf den Schieber ausübt.

Einsatz von Ventilen mit einer Luftfeder

Der Einsatz der Luftfeder hat den Vorteil, dass bei hohem Druck mehr Kraft auf den Schieber ausgeübt werden kann. Das führt zu schnelleren Schaltzeiten.

Bei sicherheitsrelevanten Anwendungen muss sichergestellt werden, dass der Schieber bei einem plötzlich eintretenden Druckverlust in seine Ausgangslage zurückkehrt.

3 Produkte

Die verschiedenen Ventiltypen werden abhängig von ihrer Aufgabenstellung eingeteilt:

- **Wegeventile** beeinflussen **den Weg** (Start, Stop und Richtung) der Druckluft zu den Energieumformern (z. B. Zylindern).
- **Sperrventile** beeinflussen **die Durchflussrichtung**. Dabei sperren diese den Durchfluss vorzugsweise in einer Richtung und geben ihn in entgegengesetzter Richtung frei.
- **Stromventile** beeinflussen **den Durchfluss** (Volumenstrom) der Druckluft.
- **Druckventile** beeinflussen **den Druck** der eingesetzten Druckluft.

3.1 Wegeventile

Wegeventile beeinflussen den Weg der Druckluft zu den Energieumformern (z. B. Zylindern). Sie dienen dazu, den Weg für das Arbeitsmedium (z. B. Druckluft) freizugeben, zu sperren oder die Durchflussrichtung zu ändern.

Die Einteilung der Wegeventile erfolgt nach bestimmten Kriterien:

- Konstruktionsprinzip (Sitzventil, Schieberventil)
- Anzahl der Schaltstellungen
- Art der Betätigung (elektrisch, pneumatisch, mechanisch, manuell)
- Anzahl der Anschlüsse

3.1.1 Konstruktionsprinzipien

Wegeventile werden nach dem Konstruktionsprinzip in Schieber- (Kolben-) und in Sitzventile eingeteilt.

Schieberventile (Schieberprinzip)

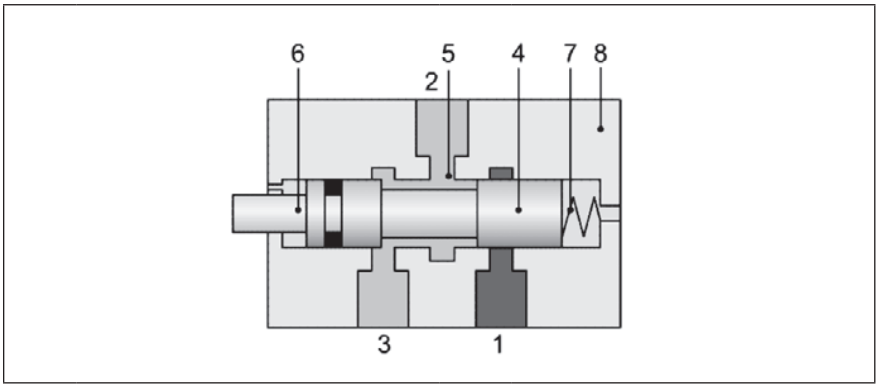


Abb. 2 Konstruktionsprinzip Schieberventil

1, 2, 3	Ventilanschlüsse	6	Betätigungsstößel
4	Kolbenschieber	7	Rückstellfeder
5	Ventilkanal	8	Gehäuse

Vorteile	Nachteile
Geringe Betätigungskraft	Anfällig für Verunreinigungen in der Druckluft
Mehr als zwei Schaltstellungen möglich	Längere Schaltwege
Strömung ist umkehrbar	Geringe Leckage kann auftreten
Geringes Bauvolumen	

Tab. 1 Vor- und Nachteile Schieberventile

Sitzventile (Sitzprinzip)

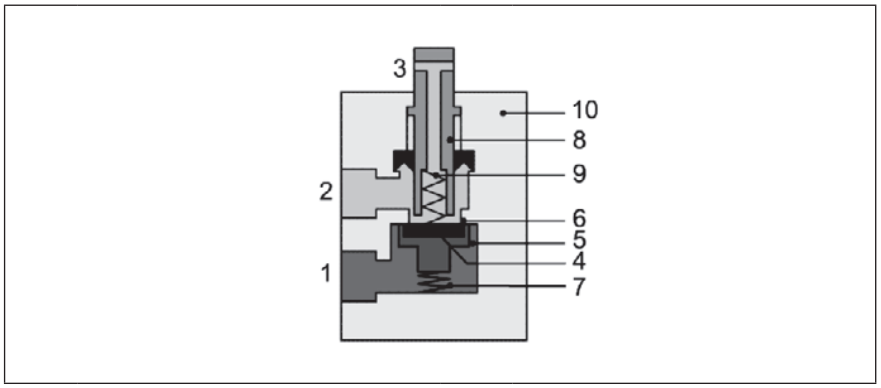


Abb. 3 Konstruktionsprinzip Sitzventil

1, 2, 3	Ventilanschlüsse	7	Feder für Dichtplatte
4	Dichtplatte	8	Betätigungsstößel
5	Ventilkanal	9	Rückstellfeder für Stößel
6	Ventilsitz	10	Gehäuse

Vorteile	Nachteile
Unempfindlich gegenüber Verschmutzungen	Höhere und druckabhängige Betätigungskraft
Kurze Schaltwege	Nur in eine Richtung durchströmbar
Nachstellende Dichtung (minimale Leckage)	Nur zwei Schaltstellungen möglich
Kein Öl wird zur Schmierung benötigt	–

Tab. 2 Vor- und Nachteile Schieberventile

3.1.2 Art der Abdichtung

Metallisch dichtend

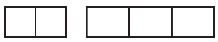
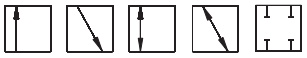
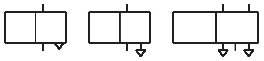
Bei metallisch dichtenden Ventilen besteht die Abdichtung Metall auf Metall durch einen eingeschliffenen Stahlschieber in das Gehäuse.

Weichdichtung

Bei weich dichtenden Ventilen erfolgt die Abdichtung über Elastomere.

3.1.3 Bezeichnung und Darstellung

Die Darstellung von Schaltsymbolen erfolgt nach der Norm ISO 1219 (Schaltzeichen der Fluidtechnik – Pneumatik und Hydraulik).

Schaltstellungen	
Durchflussrichtung und Absperrungen	
Anschlüsse und Entlüftungen	
Symbole von Wegeventilen	

Tab. 3 Darstellungen von Wegeventilen

Wegeventile werden durch einzelne Quadrate dargestellt. Die Anzahl der Quadrate entspricht der Anzahl der Schaltstellungen. Die jeweilige Lage der Linien und Pfeile gibt die Anschlussverbindungen an (bei den Anschlüssen werden nur die Hauptanschlüsse gezählt, nicht jedoch die Steueranschlüsse). Kleine Querstriche an den Anschlüssen bedeuten Absperrungen.

Die Anschlussleitungen werden bei zwei Schaltstellungen an das rechte Quadrat und bei drei Schaltstellungen an das mittlere Quadrat gezeichnet.

Die Auslassanschlüsse werden durch ein kleines Dreieck dargestellt. Führt der Auslass über eine zusätzliche Rohrleitung, spricht man von „**gefasster Abluft**". Von „**ungefasster Abluft**" spricht man, wenn die Luft direkt oder durch einen Schalldämpfer in die Umgebung entweicht.

Die Bezeichnung eines Wegeventils setzt sich aus der Anzahl der Anschlüsse und der Anzahl der Schaltstellungen zusammen. Die erste Zahl gibt die Anzahl der Anschlüsse, die zweite Zahl die Anzahl der Schaltstellungen an.

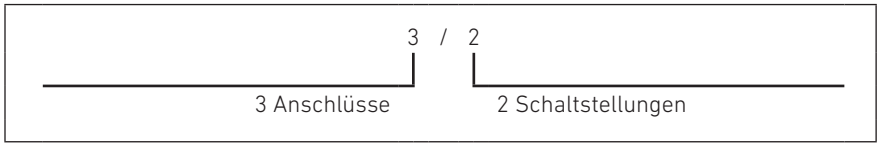


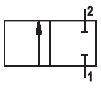
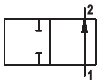
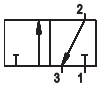
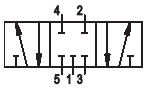
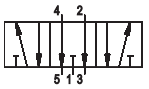
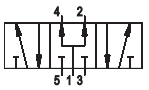
Abb. 4 Beispiel: 3/2-Wegeventil (Aussprache: Drei-Strich-zwei-Wege-Ventil)

3.1.4 Ventilstellungen

Ruhestellung: Als Ruhestellung wird die Stellung bezeichnet, die das Ventil im unbetätigten Zustand einnimmt (z. B. durch eine Federkraft).

Ventile ohne Ruhestellung, sogenannte Impulsventile, schalten bei Wegnahme der Betätigungskraft (z. B. Druckluft) nicht um. Sie haben keine definierte Ruhestellung.

Ausgangsstellung: Als Ausgangsstellung wird die Schaltstellung bezeichnet, die nach Einschalten des Netzdrucks sowie ggf. nach Einschalten der elektrischen Spannung eingenommen wird.

Benennung	Beschreibung	Symbol
2/2-Wegeventile	Ausgangsstellung geschlossen	
	Ausgangsstellung offen	
3/2-Wegeventil	Ausgangsstellung 1 geschlossen; 2-3 geöffnet	
5/3-Wegeventile	Mittelstellung geschlossen	
	Mittelstellung offen (entlüftet)	
	Mittelstellung offen (belüftet)	

Tab. 4 Beispiele Benennungen

Hinweis Das Ventilsymbol lässt keinen Rückschluss auf die Konstruktion des Wegeventils zu.

3.1.5 Bezeichnung der Anschlüsse

Die Druckanschlüsse werden mit Ziffern (Norm ISO 5599) bezeichnet. Teilweise finden Sie auch alte Bezeichnungen mit Großbuchstaben.

Anschluss	ISO 5599	Alte Bezeichnung
Druckanschluss	1	P
Arbeitsanschlüsse	2,4	A, B
Entlüftungsanschlüsse	3,5	R, S
Steueranschlüsse	10, 12, 14	Z, Y, X

Tab. 5 Beispiele Bezeichnungen

3.1.6 Einteilung nach Ventilbetätigungsarten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein Ventil zu betätigen (anzusteuern) und damit einen Schaltvorgang am Ventil auszulösen:

- manuell
- mechanisch
- pneumatisch durch Druck
- elektrisch

Die Betätigungsarten sind in DIN ISO 1219 normiert. Die Schaltzeichen werden direkt an das Ende des Ventils gezeichnet.

Betätigungsart	Symbole	Betätigungsart	Symbole
Manuell		**Mechanisch**	
• Muskelkraft		• Stößel	
• Taster		• Tastrolle	
• Hebel		• Rollenhebel	
• Pedal		• Feder	
		• Raste	
Betätigungsart	**Symbole**	**Betätigungsart**	**Symbole**
Pneumatisch		**Elektrisch**	
• Allgemein		• Magnetspule	
• Pneumatisch vorgesteuert		• Magnetspule vorgesteuert, Handhilfsbetätigung	
• Luftfeder			

Tab. 6 Betätigungsarten von Ventilen

Beispiele Betätigungsarten

Manuelle Betätigung

Bei der manuellen Betätigung wird das Ventil manuell per Hand oder Fuß geschaltet.

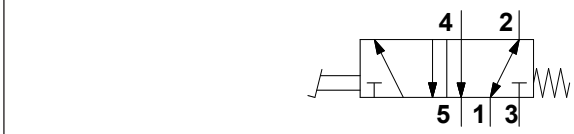


Abb. 5 Beispiel Serie CD07: 5/2-Wegeventil, manuell betätigt mit Pedal

Mechanische Betätigung

Bei der mechanischer Betätigung wird das Ventil z. B. durch einen Stößel oder eine Tastrolle geschaltet.

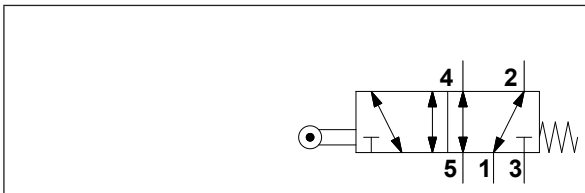


Abb. 6 Beispiel Serie CD07: 5/2-Wegeventil, mechanisch betätigt mit Tastrolle

Elektrische Betätigung

Wenn Ventile elektrisch angesteuert werden, handelt es sich um Magnetventile.

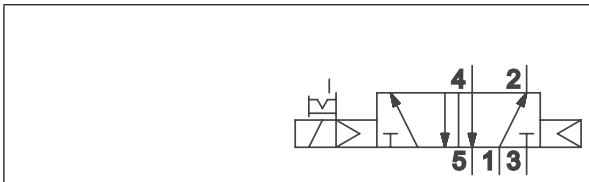


Abb. 7 Beispiel Serie TC08: 5/2-Wegeventil, elektrisch betätigt

Pneumatische Betätigung

Bei pneumatischer Betätigung wird das Ventil durch Druckluft betätigt.

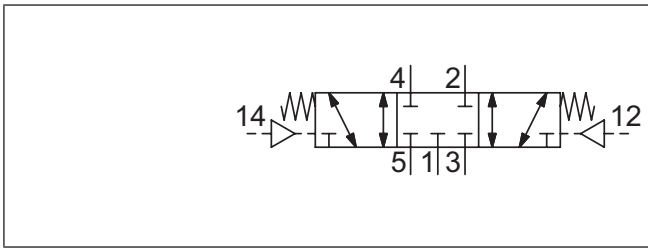


Abb. 8 Beispiel Serie TC15: 5/3-Wegeventil, pneumatisch betätigt

3.1.7 Magnetventile

Elektrisch angesteuerte Ventile werden als Magnetventile bezeichnet. Für diese Ventile werden Magnetspulen benötigt, deren Wirkungsweise hier kurz erläutert wird.

Magnetspulen

Eine Spule (Wicklung von Kupferdrähten) baut stromdurchflossen ein Magnetfeld auf. Mit der Anzahl der Windungen vergrößert sich die magnetische Feldstärke, welche ein Maß für das magnetische Kraftfeld ist und durch Kraftlinien sichtbar gemacht werden kann.

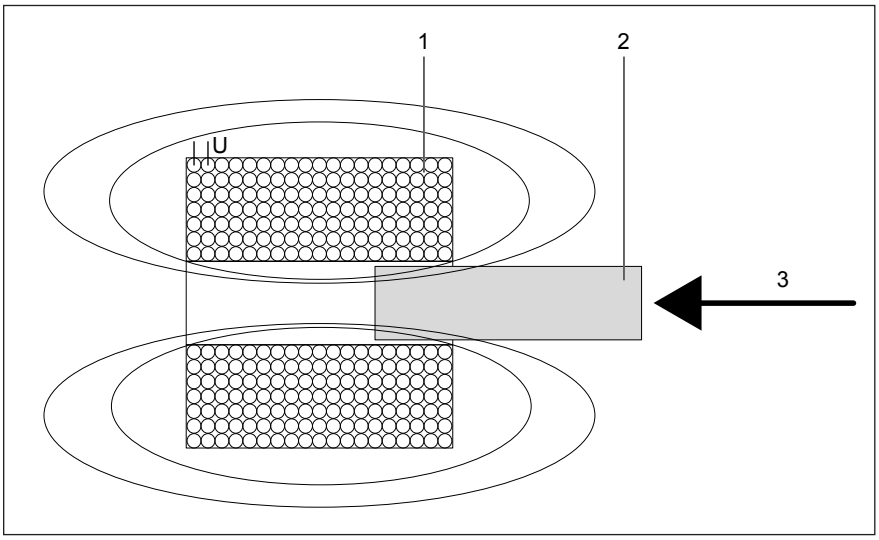


Abb. 9 Magnetspule, Prinzip

1 Spule
2 Eisenanker
3 Bewegung durch das Magnetfeld („anziehen“)

Kraftlinien sind in sich geschlossen und breiten sich bevorzugt im Eisen aus (kleiner magnetischer Widerstand). Als Folge dieser Eigenschaft werden Eisenteile in die Nähe der Spule gezogen. Da im Inneren einer Spule die Feldliniendichte am größten ist, ist auch die Kraftwirkung am größten. Dies wird ausgenutzt, um einen Eisenanker (Stößel oder Schieber) in das Innere der Spule zu ziehen. Diese mechanische, geradlinige Bewegung wird somit zum Umschalten eines Ventils benutzt.

In Ventilen werden Magnetspulen mit unterschiedlichen Spannungen und Leistungen eingebaut. Da sich Spulen während des Betriebs erwärmen (elektrische Verlustleistung), gibt der Hersteller die relative Einschaltdauer ED (%) an.

Bei Ventilen, die in Dauerschaltstellung gehalten werden (Einschaltdauer ED = 100 %), ist darauf zu achten, dass die verwendeten Ventile auf diese Dauerbelastung geprüft und zugelassen sind.

3.1.8 Haltestromabsenkung

Um Überhitzung durch eine Dauerschaltung zu vermeiden und um den Stromverbrauch zu reduzieren, wird der benötigte Haltestrom auf einen Wert heruntergeregelt, der noch gerade ausreicht, um das Ventil geöffnet zu halten.

3.1.9 Direkte und indirekte Steuerung

Magnetventile können direkt oder indirekt gesteuert werden.

Direkte Steuerung

Kleinere Wegeventile können direkt über Hebel, Pedale etc. gesteuert werden, wenn der Steuerkolben unmittelbar betätigt wird.

Bei direkt betätigten Magnetventilen wird der Druckluftstrom direkt vom Magnetventil gesteuert. Dabei wird der Kolben allein durch die Kraft des elektromagnetischen Antriebs (Spule) aus seiner Ausgangsstellung herausbewegt.

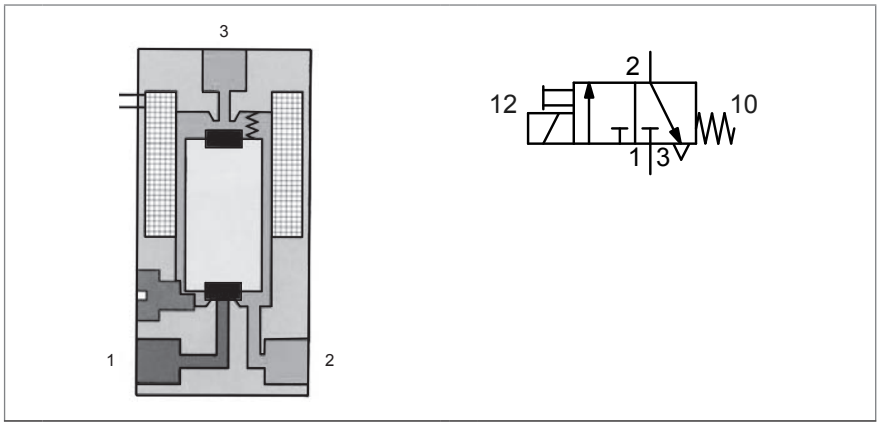


Abb. 10 Direkt betätigtes 3/2-Wegeventil, Magnetventil mit Federrückführung

1 Druckluft
2 Arbeitsleitung
3 Entlüftung

Direkt gesteuerte Magnetventile werden nur in kleiner Nennweite gefertigt, da ansonsten große Betätigungskräfte und damit viel elektrische Energie benötigt wird. Dies würde zu einer unzulässigen Erwärmung führen.

Indirekte Steuerung (Vorsteuerung)

Bei vorgesteuerten Ventilen wirkt die Betätigung nicht auf das Hauptventil, sondern auf ein zusätzliches Vorsteuerventil (Pilotventil). Diese indirekte Betätigung kann pneumatisch oder elektrisch erfolgen.

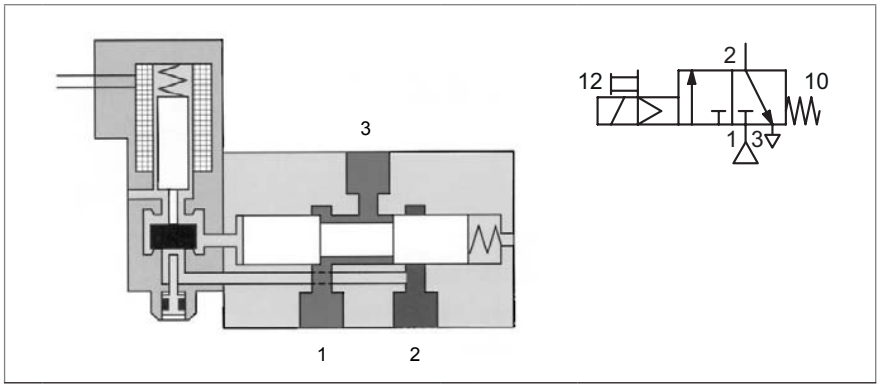


Abb. 11 Indirekt betätigtes (vorgesteuertes) 3/2-Wegeventil mit Federrückführung

1 Druckluft
2 Arbeitsleitung
3 Entlüftung

3.1.10 Interne und externe Vorsteuerung

Ventile können indirekt vorgesteuert werden, wie im Kapitel zuvor beschrieben wurde. Dabei wird mit einer kleinen Schaltkraft ein großer Volumenstrom freigeschaltet, der das Ventil steuert.

Bei der **internen Vorsteuerung**, auch Eigensteuerung genannt, wird die Druckluft zur Vorsteuerung aus dem Druckluftanschluss (1) am Ventil bezogen.

Bei der **externen Vorsteuerung**, auch Fremdsteuerung genannt, liegt ein separater Druckanschluss am Vorsteuerventil an. Diese Auslegung kommt beispielsweise dann zur Anwendung, wenn das Steuerventil für eine Vakuumanwendung ausgelegt ist und kein interner Druck existiert, der das Ventil selbst schalten könnte.

Bei elektrisch betätigten Ventilen wird das Prinzip der Vorsteuerung besonders häufig eingesetzt, weil auf diese Weise mit kleinen, kostengünstigen Magneten große Volumenströme gesteuert werden können. Gleichzeitig wird auf diese Weise weniger elektrische Energie benötigt und die Magneten erwärmen sich weniger stark.

3.1.11 Einseitig und beidseitig betätigte Ventile

Je nach der Anzahl der für den Betrieb erforderlichen Signale werden Ventile als einseitig oder beidseitig betätigt klassifiziert.

Einseitig betätigte Ventile (Umschaltventile) benötigen für den Betrieb nur ein Signal. Bei diesen Ventilen ist das Rückstellglied instabil und benötigt kein externes Signal. Die Rückstellung erfolgt automatisch (z. B. durch eine Feder und/oder einen Differenzialdruck), sobald das Steuersignal nicht mehr anliegt. Einseitig betätigte Ventile brauchen für die Aufrechterhaltung ihrer Arbeitsstellung eine ständige Ansteuerung (Spannung).

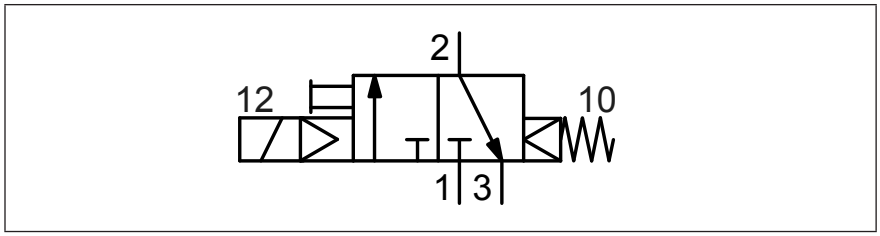


Abb. 12 Beispiel 3/2-Wegeventil, Rückstellung durch mechanische und pneumatische Feder

Beidseitig betätigte Ventile (Impulsventile) benötigen für den Betrieb zwei externe Signale. Dies sind z. B. Ventile mit stabiler Betätigung, die ihre Stellung so lange beibehalten, bis das Gegensignal eingeht.

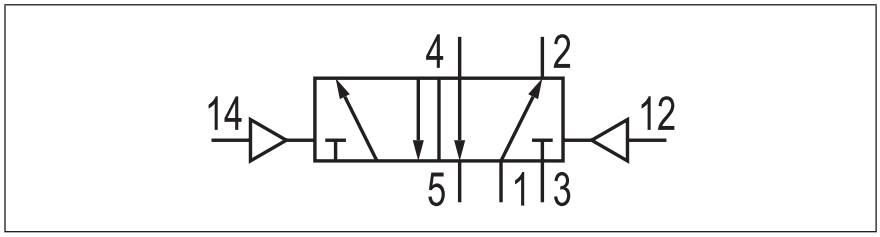


Abb. 13 Beispiel 3/2-Wegeventil, beidseitig pneumatisch betätigt

3.1.12 Zusammenfassung Wegeventile

Wegeventile werden durch ihre Funktion, die Betätigung, die Größe, die Ausführung und durch weitere Kennwerte charakterisiert. Nachfolgend sind die wichtigsten Merkmale zusammengefasst.

Funktion	Anzahl der Anschlüsse
	Anzahl der Schaltstellungen
	Art der Ruhestellung/ Mittelstellung
Betätigung	Manuell
	Mechanisch
	Pneumatisch
	Elektrisch
Größe	Anschlussgewinde
	Nennweite (Nenngröße)
	Durchflusswerte
Ausführung	Bauart (Konstruktionsprinzip: Sitz- oder Schieberventil)
	Steuerungsart (direkt betätigt oder vorgesteuert)
	Überschneidung, überschneidungsfrei
Technische Daten	Zulässiger Betriebsdruck
	Minimaler Steuerdruck
	Durchflusswerte
	Anschlussmaße
	...

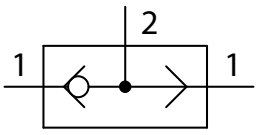
3.2 Sperrventile

Sperrventile sind Ventile, die den Durchfluss der Druckluft vorzugsweise in eine Richtung sperren oder freigeben. Zu den Sperrventilen zählen:

- Logikventile (Wechselventile, Zweidruckventile)
- Rückschlagventile
- Schnellentlüftungsventile

3.2.1 Logikventile

Eine besondere Funktion erfüllen Sperrventile als Logikelemente (Wechsel- und Zweidruckventile) in der pneumatischen Steuerungstechnik.



Wechselventile

Ein Wechselventil ist ein pneumatisches Ventil mit zwei Eingängen (Steueranschlüssen) und einem Ausgang. Es stellt die technische Umsetzung einer ODER-Verknüpfung im Bereich der Pneumatik dar.

Liegen an beiden Eingängen unterschiedliche Drücke an, so entspricht der Ausgangsdruck dem höheren der beiden Eingangsdrücke.

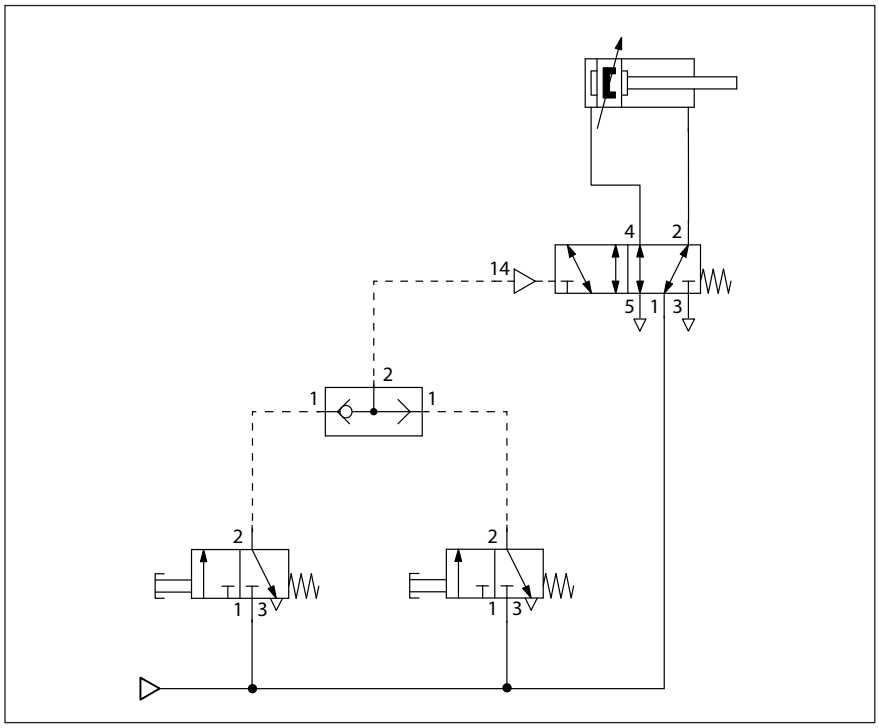
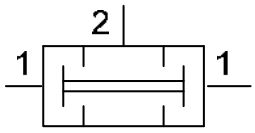


Abb. 14 Einsatzbeispiel Ansteuerung Zylinder durch zwei Taster

Die Entlüftung muss über die Signalglieder erfolgen, da das Wechselventil keine eigene Entlüftung besitzt.

Hinweis:

Bei der Handhabung von Wechselventilen ist auf einen schnellen Druckaufbau bei der Ansteuerung zu achten, da ansonsten eine Umströmung und damit Fehlschaltung eintreten kann.



Zweidruckventile

Das Zweidruckventil wird wie das Wechselventil zur Verknüpfung pneumatischer Signale eingesetzt. Ein Ausgangssignal wird nur dann abgegeben, wenn beide Eingangssignale gemeinsam anstehen. Es stellt die technische Umsetzung einer UND-Verknüpfung im Bereich der Pneumatik dar.

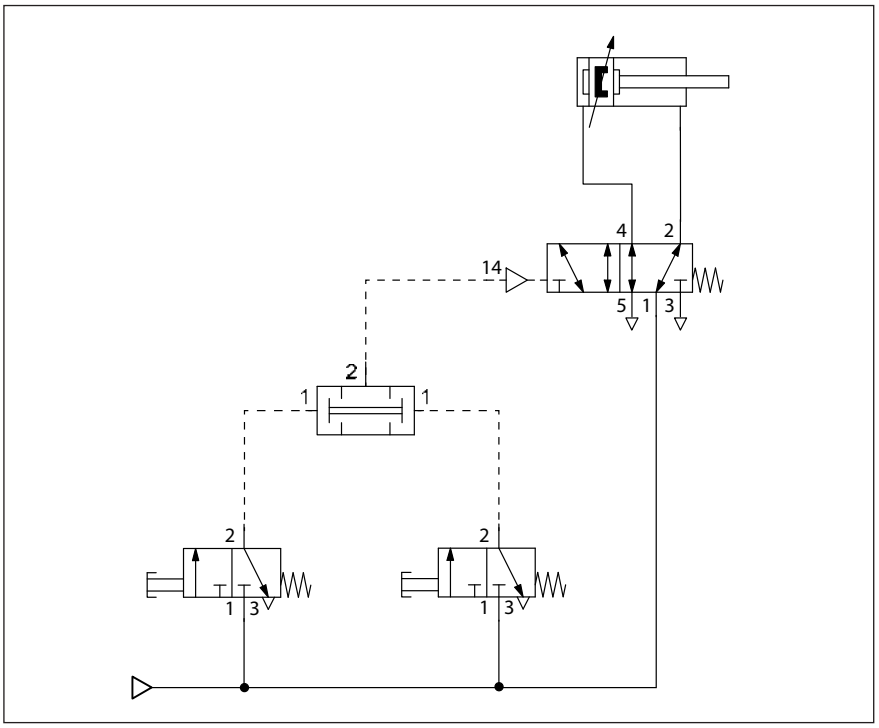


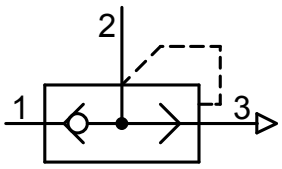
Abb. 15 Einsatzbeispiel einer UND-Verknüpfung

Ein Zylinder wird von zwei Ventilen (Tastern) angesteuert und darf nur ausfahren, wenn beide Taster gemeinsam betätigt werden.

3.2.2 Rückschlagventile

Ein Rückschlagventil sperrt den Durchfluss in eine Richtung und gibt ihn in der anderen Richtung frei. Sie werden mit und ohne Feder gebaut. Als Dichtkörper werden z. B. Kugel oder Kegel verwendet.

Rückschlagventile werden in Verbindung mit einer Drossel zur Geschwindigkeitsregulierung pneumatischer Antriebe und zur zeitlichen Verzögerung von Signalen eingesetzt. Zusätzlich dienen sie zur Absperrung einer rückwärts erfolgenden Strömung bei verschiedenen Einsatzfällen.



3.2.3 Schnellentlüftungsventile

Über Schnellentlüftungsventile können z. B. Zylinder und Leitungen über einen großen Entlüftungsquerschnitt des Schnellentlüftungsventils direkt und schnell entlüftet werden. Dies führt beispielsweise zu einer Geschwindigkeitserhöhung eines doppelt wirkenden Zylinders, denn die Kolbengeschwindigeit ist von mehreren Faktoren abhängig:

- von der Reduzierung der Durchflussgeschwindigkeit durch Drossel- und Drosselrückschlagventile
- von den mechanischen Bedingungen, der Last und den Lastwechseln
- vom Durchflussquerschnitt der Stellglieder
- vom Schlauch- oder Rohrdurchmesser und den Leitungslängen

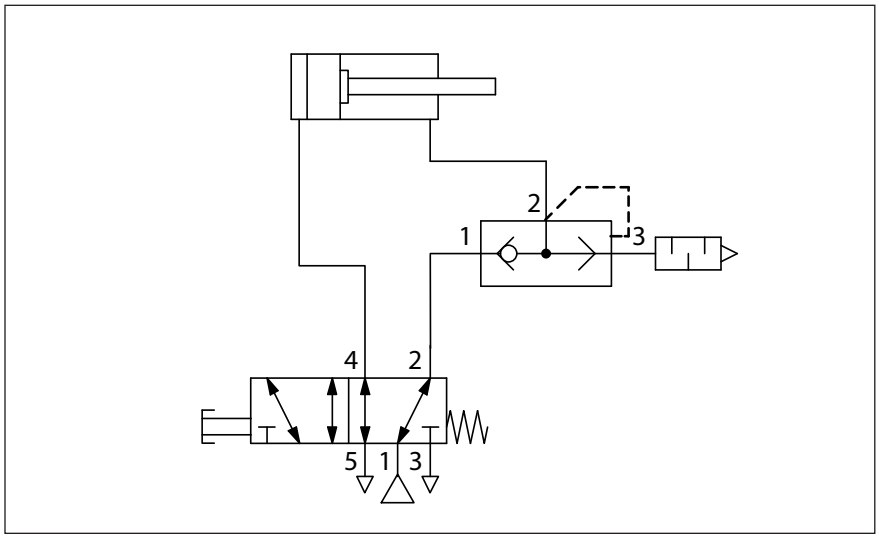


Abb. 16 Einsatzbeispiel einer Schnellentlüftung eines Zylinders

Strömt die Druckluft vom Zylinder zum Schnellentlüftungsventil (Ausfahren des Zylinders), schließt das Dichtelement den Anschluss 1 des Schnellentlüftungsventils ab. Die Druckluft kann nun über einen großen Querschnitt über den Entlüftungsanschluss 3 schnell entweichen.

Dadurch erfolgt die Entlüftung von Zylindervolumina nicht mehr über das Stellglied (in diesem Fall das 3/2-Wegeventil) und dazwischenliegende lange Leitungen, sondern direkt über die Entlüftung des Schnellentlüftungsventils.

Wenn die Druckluft in Richtung Zylinder strömt (Einfahren des Zylinders), schließt das Dichtelement im Schnellentlüftungsventil den Entlüftungsanschluss ab, und die Druckluft kann über einen relativ großen Querschnitt ohne nennenswerten Widerstand durch das Entlüftungsventil zum Zylinder strömen.

Hinweis:

Ein Schnellentlüftungsventil wird möglichst nahe am Zylinder eingebaut, damit die Druckluft vor dem Kolben beim Ausfahren des Zylinders schnell entweichen kann. Mit der schlagartigen Entlüftung der Zylinderräume ist besonders bei großvolumigen Zylindern eine sehr starke Lärmentwicklung verbunden. Daher sollten immer Schalldämpfer an den Schnellentlüftungsventilen montiert werden, auch um die geltenden Lärmschutzverordnungen einzuhalten.

3.3 Stromventile

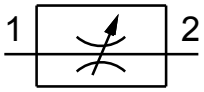
Stromventile beeinflussen durch Verengung des Strömungsquerschnitts die Durchflussmenge. Sie ermöglichen beispielsweise eine einfache und preiswerte Einstellmöglichkeit der Arbeitsgeschwindigkeit von Zylindern und Drehantrieben und bieten damit einen wesentlichen Vorteil in der pneumatischen Steuerungstechnik.

Zu den Stromventilen zählen:

- Drosselventile
- Drosselrückschlagventile

3.3.1 Drosselventile

Drosselventile beeinflussen die Durchflussmenge der Druckluft in beide Richtungen. Sie werden in den Leitungen so nahe wie möglich am Aktor (z. B. Zylinder) montiert und verhindern eine schlagartige Belüftung und die damit verbundene hohe mechanische Belastung beispielsweise eines Zylinderkolbens. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Verzögerung von Schaltvorgängen. Es gibt verstellbare und nicht verstellbare Drosselventile (Fix-Drosseln).



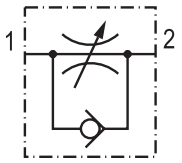
Drosselventil, einstellbar

Die Einstellung des Drosselquerschnitts erfolgt manuell.

Drosseln finden bei Baueinheiten für spezielle Funktionen (z. B. für Zeitglieder) auch in Form von Fix-Drosseln Verwendung.

Drosselventil, nicht einstellbar

3.3.2 Drosselrückschlagventile



Eine Kombination aus einer Drossel (üblicherweise verstellbar) und einem Rückschlagventil ergibt das Drosselrückschlagventil. Es wird eingesetzt, wenn der Volumenstrom in eine Richtung beeinflusst werden soll.

Es gibt folgende Beurteilungskriterien für ein Drosselrückschlagventil:

- Einstellgenauigkeit, Feinfühligkeit (Kennlinie)
- freier Durchfluss in Drosselrichtung bei vollständig geöffneter Drossel
- freier Durchfluss über das Rückschlagventil

Das Drosselrückschlagventil kommt in folgenden Bereichen zum Einsatz:

- Geschwindigkeitsreduzierung pneumatischer Antriebe (Zylinder, Motoren)
- Zeitverzögerungen
- Beeinflussung der Durchflussmenge

Beim Einsatz von Drosselrückschlagventilen unterscheidet man die Zuluft- und die Abluftdrosselung.

Zuluftdrosselung der Ausfahrbewegung

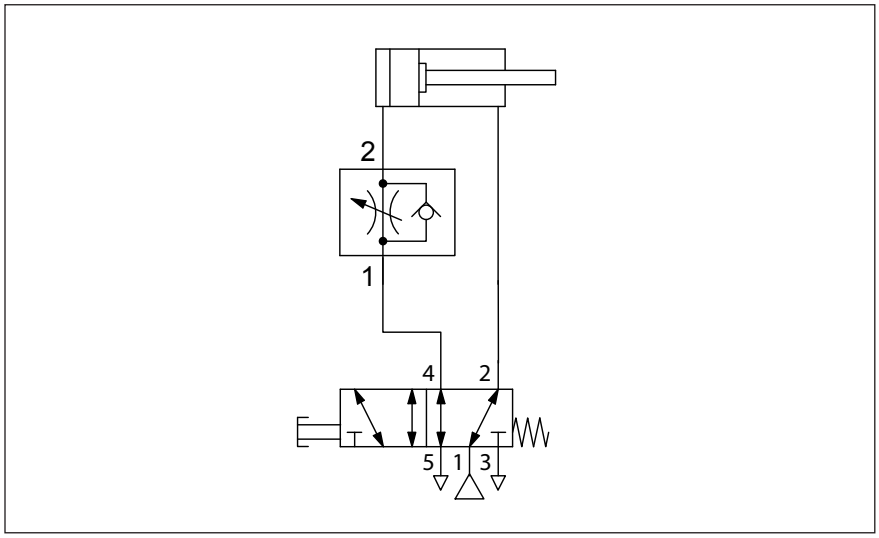


Abb. 17 Zuluftdrosselung

Aufgrund der Kompressibilität der Druckluft ist bei Anwendung der Zuluftdrosselung vor allem bei langsamen Kolbengeschwindigkeiten keine gleichmäßige Arbeitsbewegung zu erreichen. Es kommt zu einem Ruck-Gleiten (Stick-Slip) des Kolbens im Zylinder.

Die Bewegungen des Zylinderkolbens sind abhängig vom Zylinderdurchmesser und den Lastschwankungen, denen der Zylinder ausgesetzt ist.

Die Zuluftdrosselung ist nur bei sehr kleinen Zylindern und bei einfach wirkenden Zylindern üblich.

Abluftdrosselung der Ausfahrbewegung

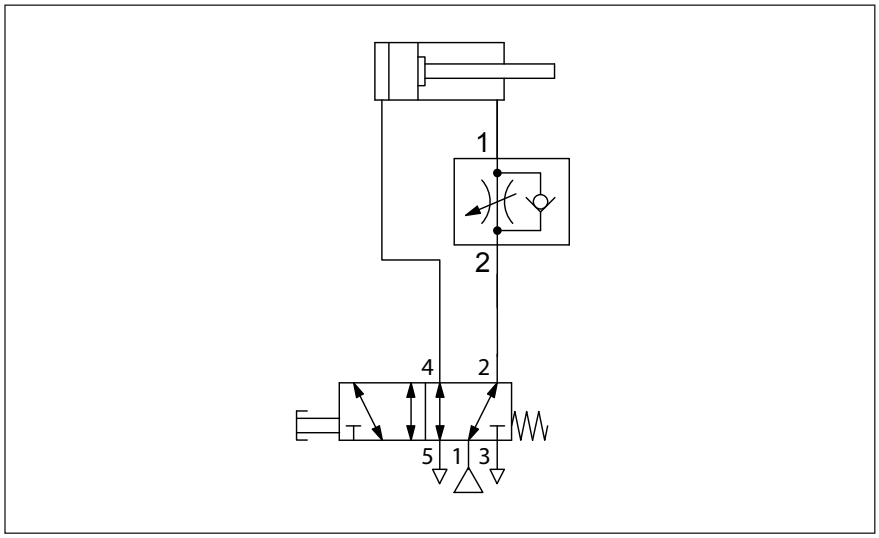


Abb. 18 Abluftdrosselung

Bei der Abluftdrosselung wird der Kolben des doppelt wirkenden Zylinders durch zwei Luftpolster eingespannt. An der Zuluftseite wird voller Druck zugeführt, die Abluftseite ist gedrosselt. Dadurch wird eine weitgehend gleichmäßige Bewegung des Zylinderkolbens erzielt.

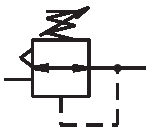
Aus diesem Grund sollte bei doppelt wirkenden Zylindern grundsätzlich die Abluftdrosselung verwendet werden. Ausgenommen von dieser Regel sind kleinste bzw. kurzhubige Zylinder, da der Druckaufbau bei diesen Zylindern an der Entlüftungsseite nicht stark genug erfolgen kann.

3.4 Druckventile

Druckventile beeinflussen den Druck der Druckluft oder reagieren auf bestimmte Druckwerte.

Zu den Druckventilen zählen:

- Druckregelventile (Druckminderer)
- Druckschaltventile (P/E-Umformer)
- Druckbegrenzungsventile (Überdruckventil)



3.4.1 Druckregelventile (Druckminderer)

In Druckregelventilen wird der Sekundärdruck konstant gehalten, unabhängig vom Eingangsdruck (Primärdruck).

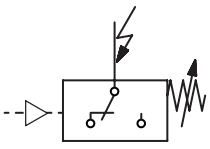
Das Druckregelventil wird vor allem bei schwankendem Netzdruck und unterschiedlicher Abnahme der Druckluft eingesetzt, um den Netzdruck konstant zu halten.

Kennwerte für einen Druckregler sind:

- Druckabfall bei einem entsprechenden Volumenstrom
- Ansprechempfindlichkeit
- Druckbereich für ein sauberes und einwandfreies Arbeiten (minimaler und maximaler Wert)
- Ansprechzeit (Regelcharakteristik bei Druckschwankungen)

Eine Verbesserung des Regelverhaltens bei stark schwankendem Druck ist auch möglich durch:

- den Einsatz eines Zusatzvolumens zur Beruhigung
- eine Reihenschaltung (Kaskadenschaltung) mehrerer Druckregler



3.4.2 Druckschaltventile (Druckschalter)

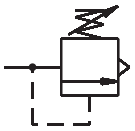
Ein Druckschaltventil (Druckschalter, P/E-Umformer) gibt nach Erreichen eines bestimmten Druckes ein Ausgangssignal ab. Dieses Ausgangssignal kann pneumatisch oder auch elektrisch sein.

Folgende Kennwerte und Auswahlkriterien können herangezogen werden:

- Ansprechdruckbereich (minimaler und maximaler Wert)
- Wiederholgenauigkeit
- Einstellgenauigkeit
- Hysterese (Unterschied zwischen Zuschalt- und Abfalldruck)
- Nenndurchfluss
- Beständigkeit des Steueranschlusses gegen verschiedene Medien
- Funktion des Grundventils

Das Druckschaltventil kommt vor allem in folgenden Bereichen zum Einsatz:

- Abfragen des Drucks in Zylinderleitungen zur Kontrolle der Druckkraft
- Überwachung von Drücken in verschiedenen Bereichen und Auslösen von Schaltvorgängen
- Ersatzsignal zur Überwachung des Stillstands von Zylindern über den Zuluftdruck
- Auslösung von Sicherheitseinrichtungen bei Überschreiten eines bestimmten Druckwertes

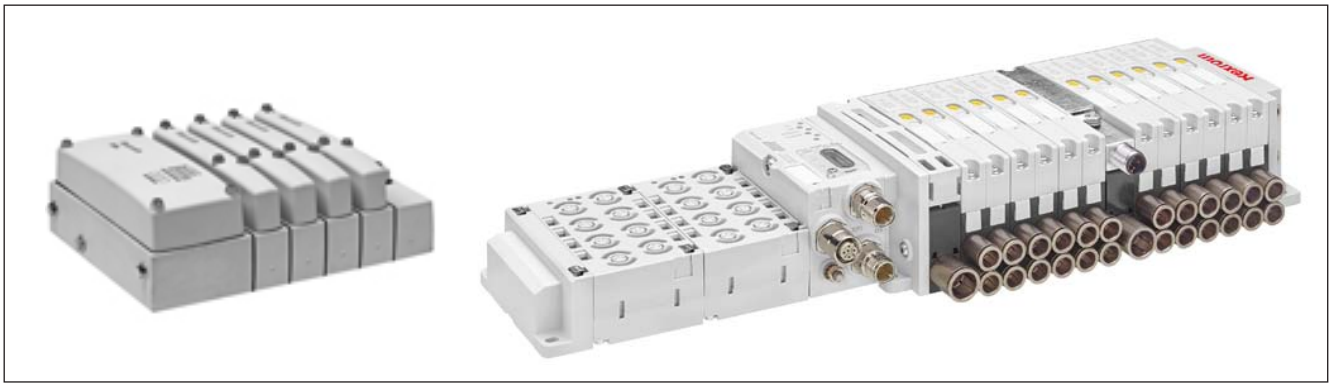


3.4.3 Druckbegrenzungsventile (Überdruckventil)

Druckbegrenzungsventile werden in der Pneumatik hauptsächlich als Sicherheitsventil eingesetzt. Sie verhindern, dass ein zulässiger Druck im System überschritten wird.

Bei Überschreiten eines vorgegebenen Drucks wird ein Durchgang geöffnet und die Druckluft „ins Freie“ oder „gefasst“ abgelassen.

VII Ventilsysteme



1	**Einführung**	**154**
2	**Technische Grundlagen**	**154**
2.1	Ventilsystemtypen	154
2.1.1	Ventilsysteme nach dem Grundplattenprinzip	155
2.1.2	Ventilsysteme nach dem Scheibenprinzip	156
2.1.3	Ventilsysteme nach dem Sammelanschlussleistenprinzip (RPS-Leisten)	157
2.1.4	ISO-Ventilsysteme	158
2.2	Druckluftversorgung des Ventilsystems	159
2.3	Interne und externe Vorsteuerung im Ventilsystem	160
2.4	Befestigung des Ventilsystems	161
2.5	Abluft am Ventilsystem	162
2.6	Elektrischer Anschluss und Ansteuerung von Ventilsystemen	162
2.6.1	Einzelanschluss	163
2.6.2	Paralleler Anschluss (Multipolanbindung)	163
2.6.3	Serieller Anschluss (Feldbusanbindung)	164
3	**Produkte**	**165**
3.1	Produktübersicht Ventilsysteme	165
3.2	Produktauswahl	166
3.3	Kompaktbauweise	167
3.4	Durchfluss in Abhängigkeit von Rohrlänge und -durchmesser	167

1 Einführung

Der Begriff Ventilsystem beschreibt die Zusammenfassung mehrerer Ventile in einem Verbund. Diese Anordnung ermöglicht eine zentrale Druckluft- und Abluftversorgung sowie eine zentrale Ansteuerung der Ventile. So können mit einem gemeinsamen Anschluss alle Ventile des Ventilsystems mit Druckluft versorgt bzw. entlüftet werden.

Ein Ventilsystem besitzt in der Regel eine zentrale elektrische Versorgung und Ansteuerung. Die Ansteuerung der Ventile kann z. B. parallel durch einen Multipolanschluss oder seriell durch einen Feldbusanschluss erfolgen.

In der Regel kann die Anzahl der Ventile eines Ventilsystems nachträglich erweitert werden.

Ventilsysteme bieten folgende Vorteile:

- komplett geprüftes und einsatzbereites System
- gemeinsame elektrische Ansteuerung und Druckluftversorgung
- einfache Installation, Montage und Inbetriebnahme
- Einsparung von Schnittstellen (z. B. Anschlüsse und Schlauchleitungen)
- geringer Platzbedarf
- Erhöhung der Energieeffizienz und Kostenreduzierung
- Aufwandminimierung bei Wartung und Service

Hinweis

Verwendung einer unterdimensionierten Luftzufuhr zum Ventil bzw. Ventilsystem kann Fehlschaltungen und ggf. Ventilausfall bewirken. Werden bei einem Ventilsystem zu viele Einzelfunktionen gleichzeitig geschaltet, ohne dass die notwendige Einspeisung für zusätzliche Luftversorgung berücksichtigt wird, kann dies ebenfalls zu einem Zusammenbruch des Steuerdrucks und Fehlschaltungen und ggf. Ventilausfall führen.

2 Technische Grundlagen

2.1 Ventilsystemtypen

Folgende Typen von Ventilsystemen werden unterschieden:

- Ventilsysteme nach dem Grundplattenprinzip
- Ventilsysteme nach dem Scheibenprinzip
- Ventilsysteme nach dem Sammelanschlussleistenprinzip (RPS-Leisten)
- Ventilsysteme nach ISO-Norm

2.1.1 Ventilsysteme nach dem Grundplattenprinzip

Diese Ventilsysteme besitzen einen modularen Aufbau aus Grundplatten mit Ventilen. Ein Ventiltausch ist einfach und schnell durchführbar. Das Ventilsystem muss dazu nicht extra auseinandergebaut werden.

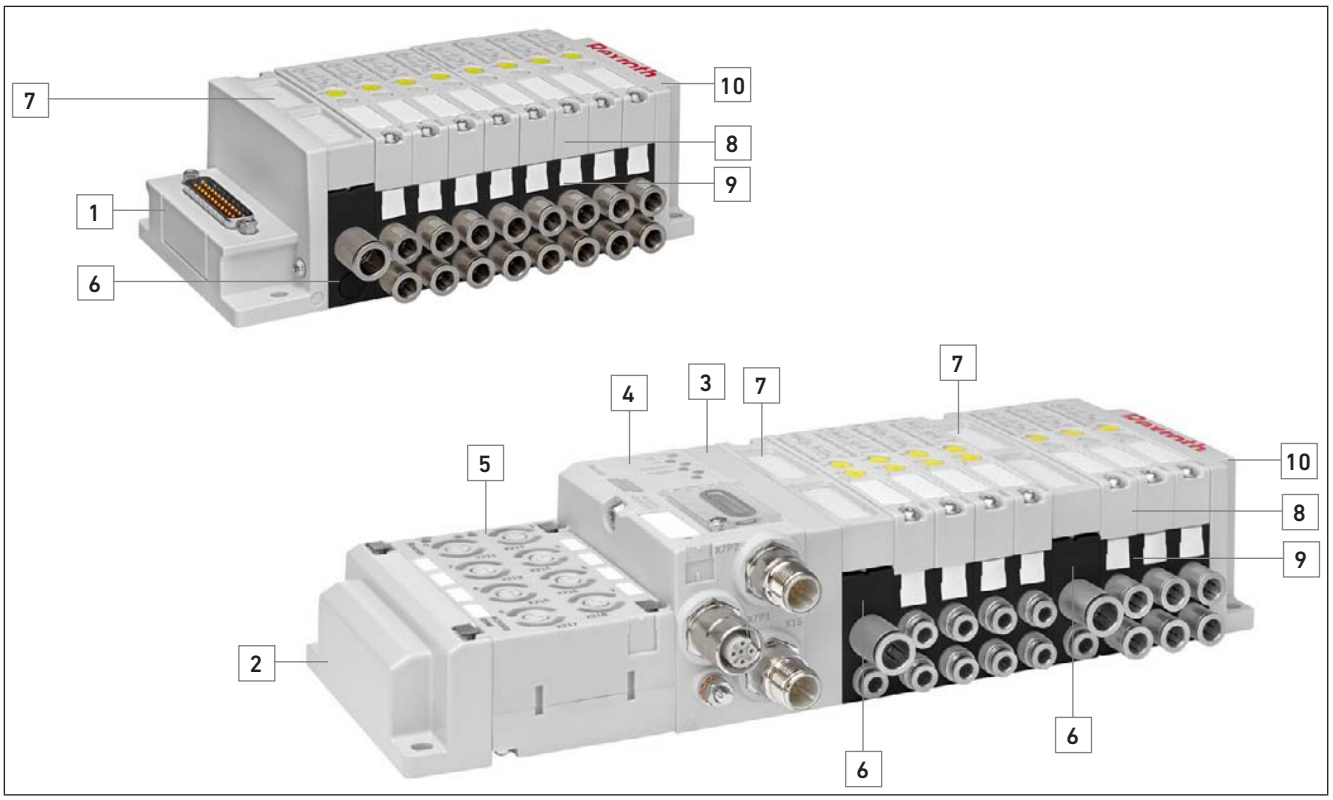


Abb. 1 Ventilsystem nach dem Grundplattenprinzip, Beispiel Serie AV03

1 Endplatte links mit D-Sub-Anschluss
2 Endplatte links
3 Adapterplatte
4 Buskoppler
5 E/A-Modul
6 Druckeinspeiseplatte
7 Entlüftungsmodul mit Flächenschalldämpfer
8 Grundplattenventil
9 Grundplatte, 3-fach
10 Endplatte rechts

2.1.2 Ventilsysteme nach dem Scheibenprinzip

Diese Ventilsysteme besitzen einen modularen Aufbau aus Einzelventilscheiben. Die Scheibenventile werden ohne Grundplatte direkt miteinander verbunden und durch Zuganker zusammengehalten.

Ein Ventilsystem nach dem Scheibenprinzip benötigt beispielsweise weniger Dichtungen als ein Grundplattenventilsystem. Ein Ventilaustausch ist jedoch aufwendiger, da das komplette Ventilsystem auseinandergebaut werden muss.

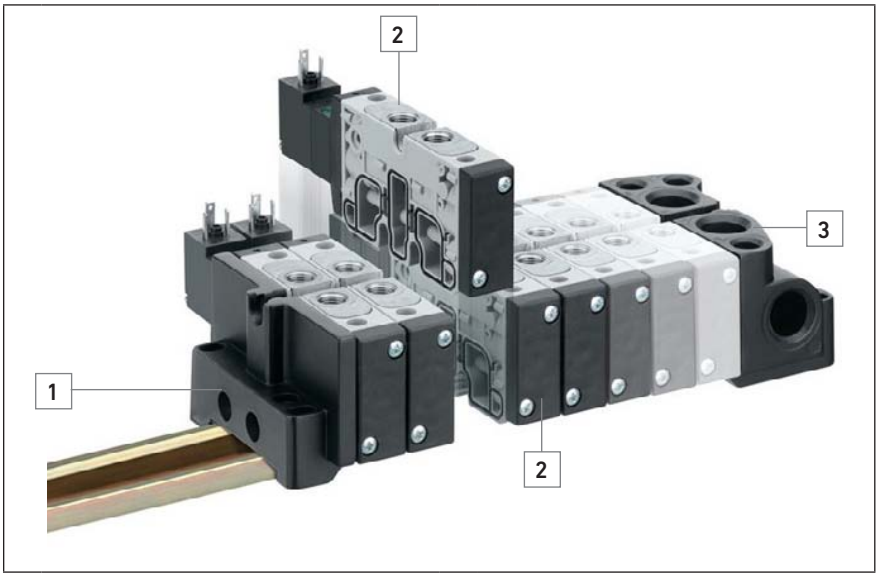


Abb. 2 Ventilsystem nach dem Ventilscheibenprinzip, Beispiel Ventilserie TC08

1 Endplatte links
2 Scheibenventil
3 Endplatte rechts mit Druckluftanschlüssen 1, 3, 5, X, R

2.1.3 Ventilsysteme nach dem Sammelanschlussleistenprinzip (RPS-Leisten)

Diese Ventilsysteme nutzen eine gemeinsame Sammelanschlussleiste für die Anschlüsse 1 (Druck P), 3 und 5 (Entlüftung R und S).

Manchmal wird die Anschlussleiste auch nur für Anschluss 1 (P) ausgeführt.

Die Ventile sitzen direkt auf einer Anschlussleiste, sie werden über diese Anschlussleiste mit Druckluft versorgt und einzeln elektrisch angesteuert.

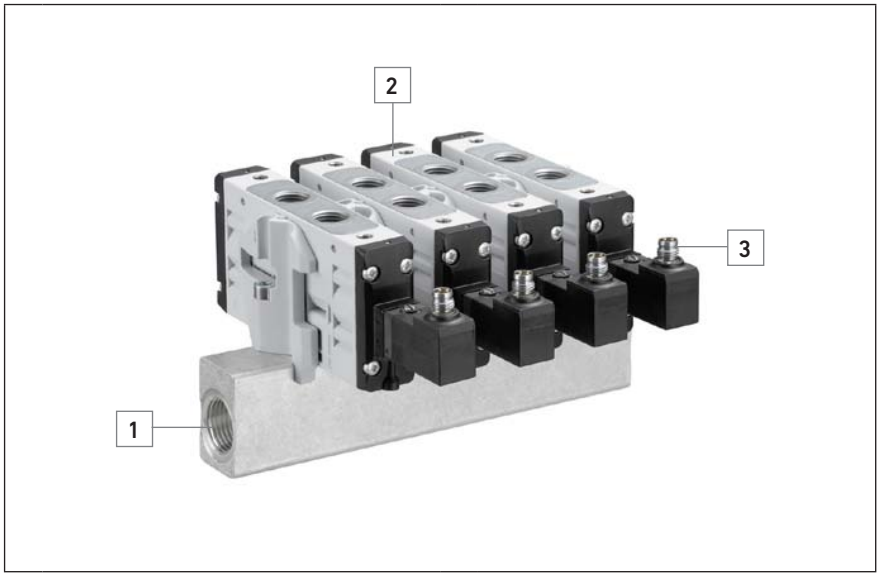


Abb. 3 Beispiel Ventilserie TC08, gemeinsame P-Leiste

1 P-Leiste für gemeinsamen Anschluss 1
2 Scheibenventil
3 elektrischer Einzelanschluss

2.1.4 ISO-Ventilsysteme

ISO-Ventilsysteme sind Ventilsysteme mit genormtem Anschlussbild zwischen Ventil und Grundplatte. Diese sind nur mit pneumatischen Anschlüssen oder mit elektrischen und pneumatischen Anschlüssen definiert. Es ist nur das Anschlussbild genormt. Baugröße und Leistungen können bei unterschiedlichen Ventilen variieren.

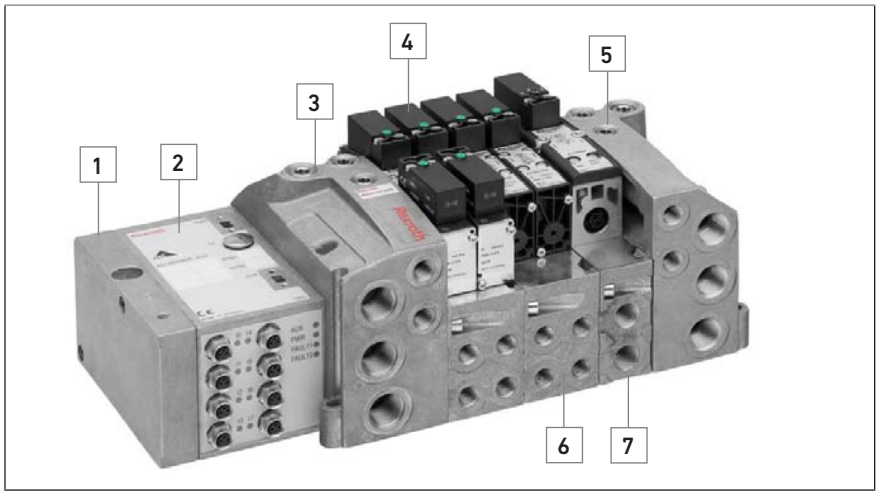


Abb. 4 Aufbau eines Ventilsystems nach Norm, Beispiel Serie CD01/02-PI nach ISO 15407-2

1 Endplatte links für Buskoppler AS-i, B-Design und E/A-Module
2 Buskoppler
3 Endplatte links mit Druckluftanschlüssen 1, 3, 5, X, R
4 Grundplattenventil
5 Endplatte rechts mit Druckluftanschlüssen 1, 3, 5, X, R
6 Grundplatte, 2-fach
7 Grundplatte, 1-fach

2.2 Druckluftversorgung des Ventilsystems

Die Druckluftversorgung eines Ventilsystems erfolgt entweder über die Endplatten, über sogenannte Einspeiseplatten oder über Blindplatten mit RPS-Funktion.

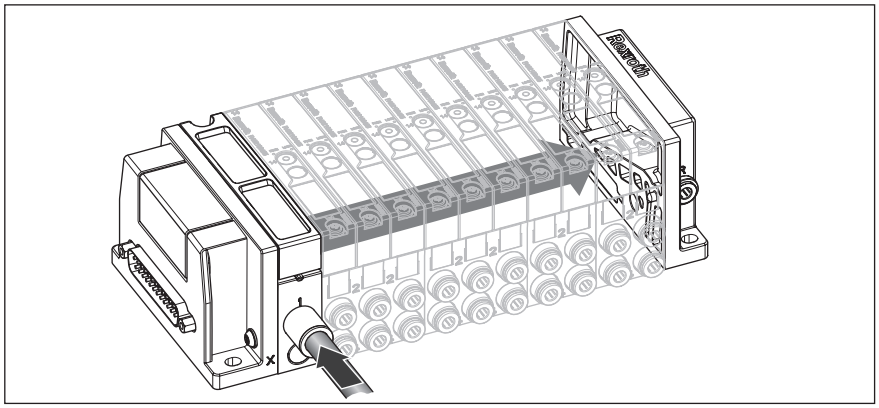


Abb. 5 Druckluftversorgung über die linke Einspeiseplatte, Beispiel Ventilsystem Serie AV03

Die Druckluft zur Ansteuerung der Aktoren (z. B. Zylinder) verlässt das Ventilsystem über das jeweilige Ventil direkt an den Arbeitsanschlüssen 2 und 4. Diese können direkt in den Ventilen integriert sein oder in den Grundplatten liegen (z. B. beim Ventilsystem AV03).

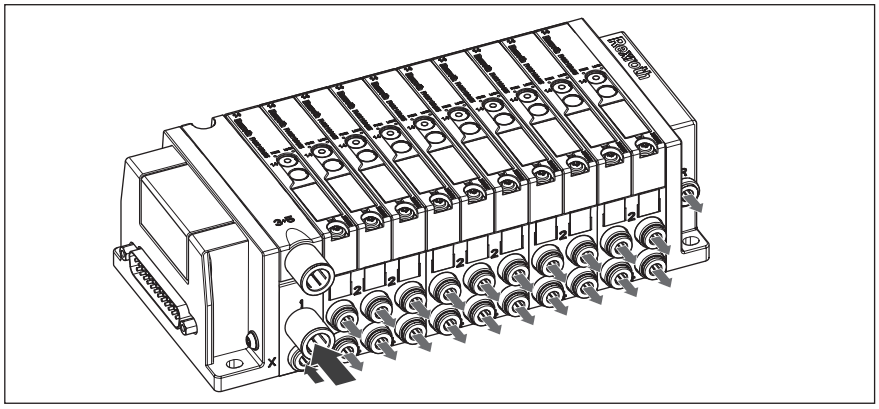


Abb. 6 Druckluftversorgung über die Einspeiseplatten (1 Betriebsdruck, X Steuerdruck) und Druckluftanschluss der Aktoren über die Ventilausgänge 2 und 4, Beispiel AV03. R = Vorsteuerabluft; 3 und 5 = gefasste Abluft

Einspeiseplatten werden für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Aufteilung des Systems in unterschiedliche Druckbereiche
- Aufrechterhaltung eines konstanten Drucks innerhalb eines Ventilsystems mit einer großen Anzahl von Ventilen
- Entlüftung der eingespeisten Druckluft über Entlüftungsmodul

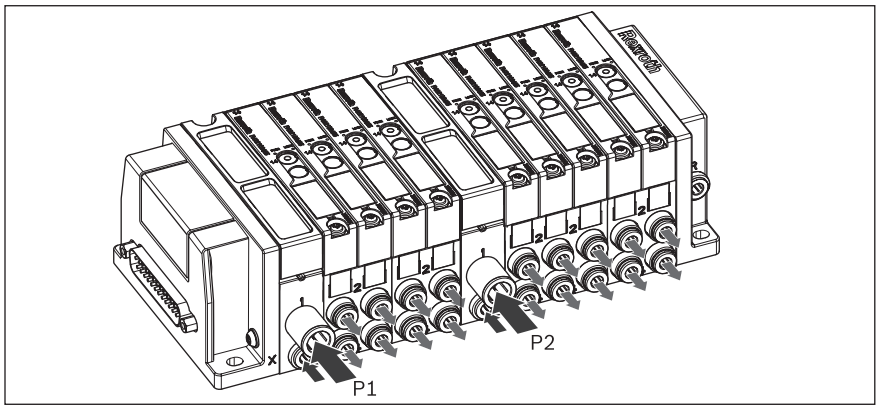


**Abb. 7 Einspeiseplatten im Ventilsystem, Beispiel AV03.
P 1 = erste Druckeinspeisung, P 2 = zweite Druckeinspeisung.
Für die Einspeiseplatten gibt es in mehrere Bauformen mit unterschiedlich geöffneten oder geschlossenen Kanälen 1, 3, 5, X und R**

2.3 Interne und externe Vorsteuerung im Ventilsystem

Bei einer **internen** Vorsteuerung im Ventilsystem wird kein zusätzlicher Druckluftanschluss X für die Versorgung der Pilotventile am Ventilsystem benötigt, da die Vorsteuerung mithilfe des anliegenden Arbeitsdrucks 1 bewerkstelligt wird. Man spricht dann von einem intern vorgesteuerten System.

Bei einer **externen** Vorsteuerung im Ventilsystem ist zur Versorgung der Pilotventile ein eigener Eingang X mit Druckluft vorhanden. Man spricht hier auch von einem extern angesteuerten System. Die Vorsteuerabluft kann über einen Flächenschalldämpfer und/oder über einen separaten Anschluss R erfolgen.

2.4 Befestigung des Ventilsystems

Ein Ventilsystem kann auf verschiedene Arten befestigt werden:

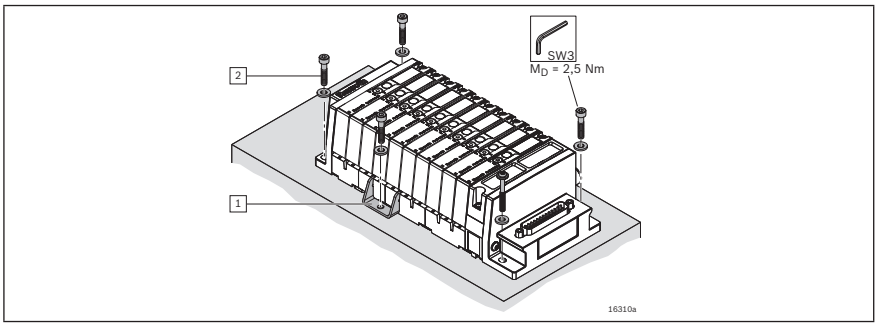


Abb. 8 Direkte Befestigung des Ventilsystems auf einer ebenen Fläche mit Schrauben (2) und Haltewinkeln (1), Beispiel Serie AV03

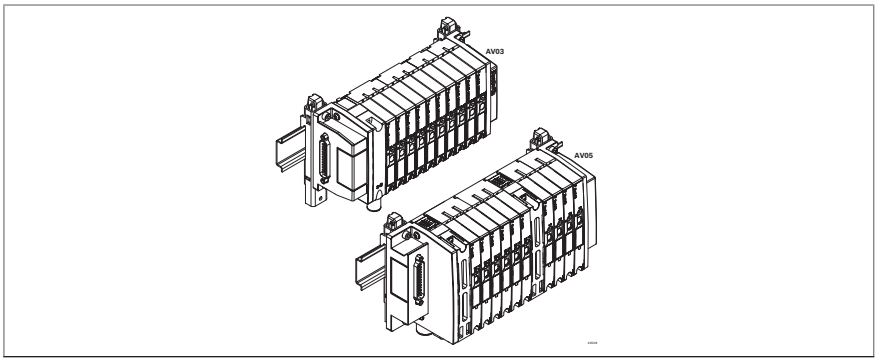


Abb. 9 Befestigung Ventilsystem auf einer DIN-Schiene, Beispiel Serie AV03 und AV05 (begrenzte Anzahl beachten)

2.5 Abluft am Ventilsystem

Die Abluft eines Ventilsystems kann z. B. über ein Entlüftungsmodul mit Schalldämpfer in die Umgebung oder über Entlüftungsmodule mit gefasster Abluft abgeführt werden.

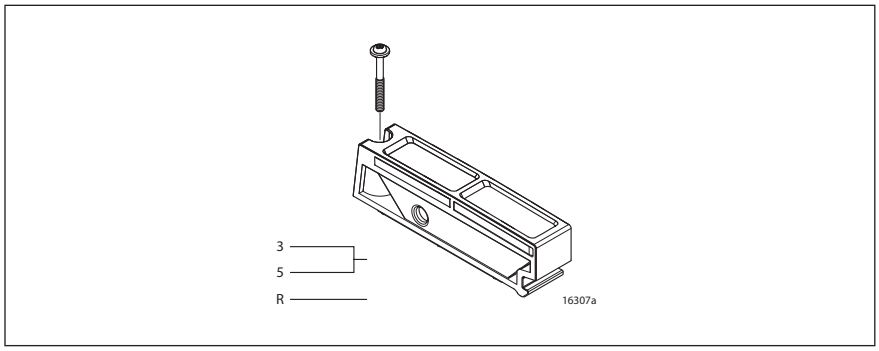


Abb. 10 Abluftführung über Entlüftungsmodul mit Flächenschalldämpfer für 3, 5 und R. Beispiel Serie AV03

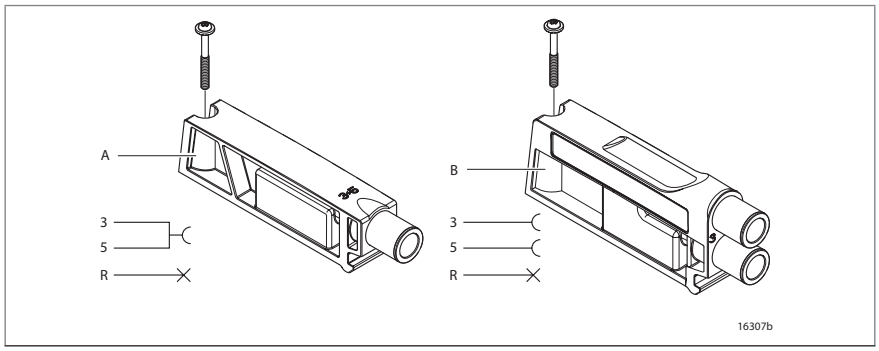


Abb. 11 Entlüftungsmodul (A) mit gefasster Abluft 3 & 5 zusammen oder (B) mit getrennt gefasster Abluft für 3 und 5 separat. Beispiel Serie AV03

Die Entlüftungsmodule werden bei der AV-Familie auf die Druckeinspeiseplatten aufgesetzt und verschraubt.

Hinweis

Bei anderen Ventilsystemen kann in das Gewinde im Anschluss 3 und 5 ein Schalldämpfer eingeschraubt werden oder mit einem Schlauchanschluss die Abluft gefasst werden.

2.6 Elektrischer Anschluss und Ansteuerung von Ventilsystemen

Für die elektrische Ansteuerung der Ventilsysteme können drei Optionen unterschieden werden:

- Einzelanschluss (z. B. Standardstecker M8)
- Paralleler Sammelanschluss (Multipolanbindung)
- Serieller Sammelanschluss mit Feldbusanbindung

2.6.1 Einzelanschluss

Jedes Ventil wird mit einem Einzelanschluss elektrisch angesteuert.

Abb. 12 Elektrische Ansteuerung der Ventile über Einzelanschluss mit Stecker M8, Beispiel Serie TC08

2.6.2 Paralleler Anschluss (Multipolanbindung)

Die Ansteuerung erfolgt zentral am Ventilsystem über einen Multipolstecker. Die Steuersignale werden im Ventilsystem mit Hilfe von Platinen oder interner Verdrahtung auf die einzelnen Pilotventile verteilt.

Jede Ventilspule benötigt eine Ader für deren Ansteuerung und eine gemeinsam genutzte Ader für den Masseanschluss. So kann man beispielsweise mit einem 25-poligen D-Sub-Stecker bis zu 24 einseitig oder 12 beidseitig betätigte Ventile ansteuern. Ein Pin ist dabei immer für den Masseanschluss reserviert.

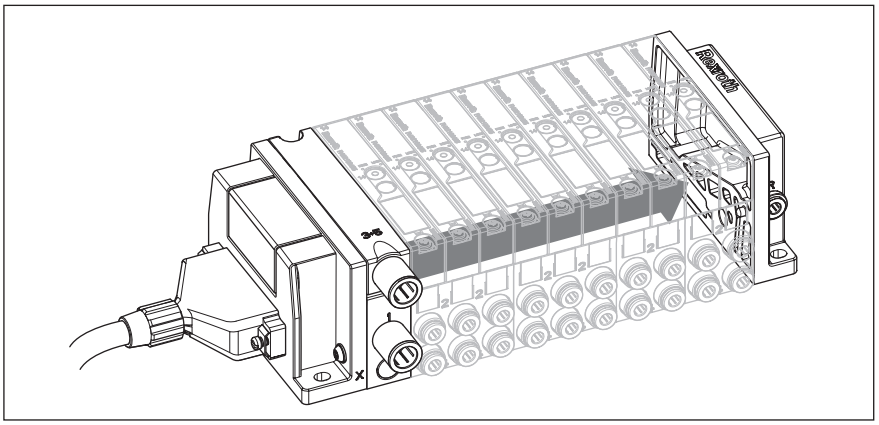


Abb. 13 Elektronische Ansteuerung der Ventile über einen Multipolanschluss, Beispiel Serie AV03

2.6.3 Serieller Anschluss (Feldbusanbindung)

Ein Ventilsystem kann auch über eine Feldbusanbindung angesteuert werden. Die Steuersignale werden dabei mittels eines Telegramms elektronisch gesendet und vom Buskoppler empfangen. Die Ventile werden dann über Leistungstransistoren, sogenannte Ventiltreiber, innerhalb des Ventilsystems angesteuert. Dabei können die notwendigen Ventiltreiber im Buskoppler platziert sein (z. B. bei der HF-Serie) oder direkt auf den Leiterplatinen in den Grundplatten sitzen (z. B. AV-Serie).

Abb. 14 Beispiel AV03

3 Produkte

3.1 Produktübersicht Ventilsysteme

Ventilsysteme					
Qn [l/min]		**Serie**	**Funktionen**	**Anschlüsse**	**Ansteuerung**
300		AV03	2x3/2, 5/2, 5/3 E/P	Ø4, Ø6	Multipol, Feldbus AES
400		HF04	2x3/2, 5/2, 5/3	Ø6	Multipol, Feldbus BDC, CMS, DDL
600-800		TC08	5/2, 5/3	G1/8, NPTF 1/8	Einzelstecker, pneumatisch
700		AV05	2x3/2, 5/2, 5/3 E/P	Ø4, Ø6, Ø8	Multipol, Feldbus AES
700-850		HF03-LG	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/8, Ø8, NPTF 1/8	Multipol, Feldbus BDC, CMS, DDL
850		CL03	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/4, Ø5/16, Ø3/8	Multipol, Feldbus BDC, DDL
950-6000		581	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/8, G1/4, G3/8, G1/2, G3/4	Einzelstecker, Multipol pneumatisch
1010		CD01	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/8, G1/4, NPTF 1/4 Ø4, Ø6, Ø8, Ø10	Einzelstecker, Multipol pneumatisch
1100		CL03-XL	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/8, G1/4, G3/8, G1/2, G3/4	Einzelstecker, Multipol pneumatisch
1100-1500		TC15	5/2, 5/3	G1/4, NPTF 1/4	Einzelstecker, pneumatisch
1400		HF02-LG	2x3/2, 5/2, 5/3	G1/4, Ø10	Multipol, Feldbus BDC, CMS, DDL

Tab. 1 Übersicht Ventilsysteme

3.2 Produktauswahl

Im Rahmen der Gesamtplanung der Anlage stellt sich die Frage nach der geeigneten Ventillösung, nach der Auslegung der Aktoren und nach der Dimensionierung der Druck- und Luftverbrauchsverhältnisse im Gesamtsystem. Das Vorgehen entspricht im Wesentlichen dem der Ventilauswahl.

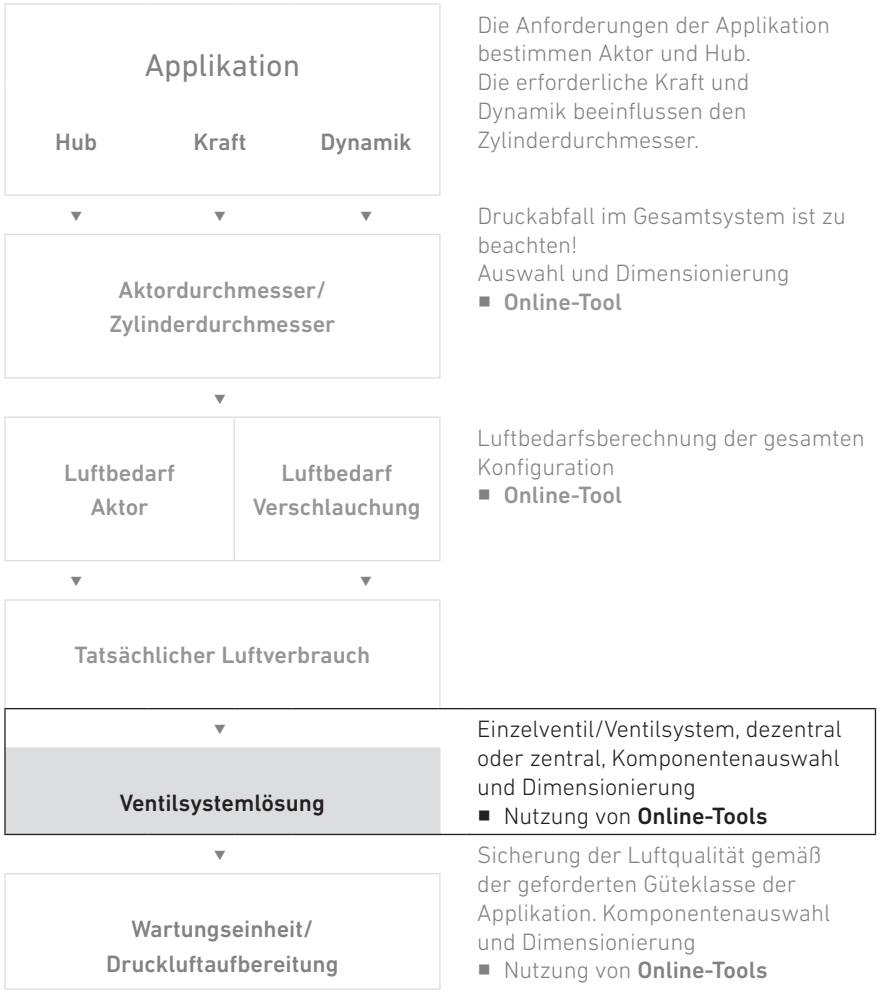


Abb. 15 Ablauf Ventilsystemauswahl

Hinweis Wenn Sie über den Konfigurator Ihre gewünschte Planung nicht finden, kontaktieren Sie uns für kundenspezifische Lösungen.

3.3 Kompaktbauweise

Das Bauvolumen pro Durchflusswert ergibt als Kompaktheit einen wesentlichen Faktor bei Ventilen. Im Zuge der fortschreitenden Optimierung von Maschinen und Anlagen wird ein reduziertes Einbauvolumen immer wichtiger. Größe, Gewicht und leichte Integrierbarkeit in kompakte Maschinendesigns sind für viele Anwendungen entscheidend.

Qn [l/min]	**<400**	**400 - 850**	**850 -1100**	**1100 - 3000**	**3000 - 6000**
Sehr kompakt	AV03	AV05			
Kompakt		TC08		TC15	
Standard	HF04	HF03-LG		HF02-LG	
		CL03	CD01		581
				CL03-XL	

Abb. 16 Kompakte Bauweise von Ventilsystemen

3.4 Durchfluss in Abhängigkeit von Rohrlänge und -durchmesser

Nicht nur der Luftverbrauch des Antriebs bestimmt die Wahl des Ventils gemäß des Durchflusses, sondern auch die Anschlüsse des Ventils und die Drosselung des Durchflusses seitens der Verrohrung. Diese Drosselung sollte bei der Projektierung berücksichtigt werden.

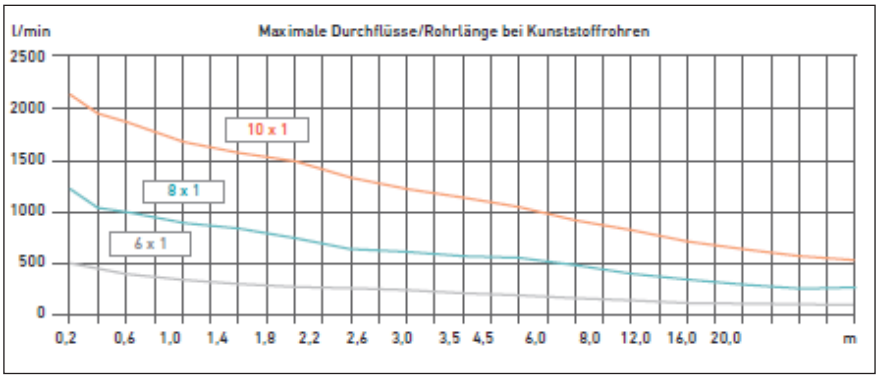


Abb. 17 Durchfluss in Abhängigkeit von Rohrlänge und -durchmesser

VIII Aufbereitung von Druckluft

1	**Einführung**	**170**
1.1	Warum Druckluftaufbereitung?	170
2	**Technische Grundlagen**	**170**
2.1	Stufen der Druckluftaufbereitung	170
2.2	Komponenten der Druckluftaufbereitung innerhalb pneumatischer Systeme	172
2.3	Wie setzt sich Druckluft zusammen?	173
2.4	Drucklufterzeugung	174
2.5	Blasluft, Steuerluft, Prozessluft	176
2.6	Druckluftqualitäten gemäß ISO 8573-1:2010	177
2.7	Energieeffizienz	178
2.8	Filter	179
2.9	Membrantrockner	189
2.10	Druckregelventil	190
2.11	Druckregelventil mit durchgehender Druckversorgung	191
2.12	Präzisionsdruckregelventil	192
2.13	Filterdruckregelventil	192
2.14	Manometer	193
2.15	Öler	197
2.16	3/2-Wege-Absperrventil	200
2.17	Befüllventil/Befülleinheit	202
2.18	Verteiler	204
2.19	Rückschlagventil	204
3	**Produkte**	**205**
3.1	Produktübersicht	205
3.2	Produktauswahl	206
3.3	Zubehör	219
3.4	Produktdetails	219
4	**Anwendungen**	**219**
4.1	Befüllen einer Anlage	219
4.2	Entlüften einer Anlage	220
4.3	Netze mit verschieden gefilterter Druckluft	221
4.4	Netze mit unterschiedlichen Drücken	221
4.5	Netze mit unterschiedlichem Ölgehalt	222
4.6	Schaltsymbole Druckluftaufbereitung	223

1 Einführung

Je nach geografischer und klimatischer Lage ändert sich die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, die in verdichteter Form als Medium verwendet wird. Wer seine Prozesssicherheit durch eine erhöhte Maschinenverfügbarkeit steigern will, muss vom Anfang her denken – und zuerst die Druckluftversorgung unter die Lupe nehmen.

1.1 Warum Druckluftaufbereitung?

Für den Betrieb pneumatischer Systeme ist eine möglichst gleichbleibende Qualität der verwendeten Druckluft wichtig. Die bereitgestellte Druckluft muss gereinigt und deren Zufuhr zum pneumatischen System geregelt werden. Dies ermöglichen u. a. sogenannte Wartungseinheiten, die aus einer geeigneten Kombination von Filtern, Trocknern, Ölern und Ventilen bestehen.

Die für eine Applikation und Branche erforderliche Luftqualität wird auf der Basis jahrzehntelanger Anwendungserfahrung in Güteklassen definiert („2.6 Druckluftqualitäten gemäß ISO 8573-1:2010"). Um diese Qualitätsstufen der Druckluft zu erreichen und damit einen reibungslosen Arbeitsprozess zu garantieren, werden die Komponenten der Luftaufbereitungstechnik gezielt eingesetzt. Sie regeln den Druck, filtern die Druckluft durch individuelle Filtersysteme und sorgen mit Öler-Komponenten für den angepassten Ölgehalt.

Eine fachgerechte und effiziente Druckluftaufbereitung bringt folgende Vorteile:

- Vermeidung von Störungen (z. B. verklebte Steuerventile, erhöhter Dichtungsverschleiß, Leckagen)
- Minimierung der Korrosion von Komponenten
- Erhöhung der Lebensdauer und Sicherheit der Systemkomponenten
- Minimierung von Maschinenausfall und Stillstandzeiten
- Einhaltung von Umweltstandards
- Optimierung der Energieeffizienz des pneumatischen Systems und somit Kostenminimierung des Betriebs
- Verringerung des Wartungsaufwands (Wartungsintervalle)

2 Technische Grundlagen

Für Automationsbewegungen mit Luft sind zwei Teilsysteme erforderlich:

Die Drucklufterzeugung durch Kompression und die Druckluftverarbeitung durch pneumatische Aktoren.

Drucklufterzeugung	**Druckluftverarbeitung**
• Zentrale Drucklufterzeugung und -aufbereitung	• Dezentrale Druckluftaufbereitung • Ventiltechnik • Aktoren

2.1 Stufen der Druckluftaufbereitung

Um Druckluft effizient in pneumatischen Systemen als Arbeitsmedium einsetzen zu können, muss Folgendes beim Aufbereiten beachtet werden:

- Kondensat muss entfernt werden (-> Kondensatabscheidung, Trocknung)
- In der Druckluft enthaltene Partikel müssen entfernt werden (-> Filterung)
- Der Druck muss auf einen konstant gehaltenen Wert geregelt werden (-> Druckregelung)
- Wenn nötig, muss der Ölgehalt eingestellt werden (-> Ölung)

2.1.1 Kondensatabscheidung

Der Wassergehalt der Luft hängt von der Temperatur ab. Je höher die Lufttemperatur ist, um so mehr Wasserdampf kann aufgenommen werden. Sinkt nun die Temperatur bei gleichbleibendem Volumen, kann der Sättigungsgrad überschritten werden, und es setzt sich Wasser als Kondensat im Druckluftnetz ab.

Um das Kondensat zu entfernen, müssen Kondensatabscheider mit Ablasshähnen an den tiefsten Stellen der Leitungen installiert werden.

Wird die Luft nicht künstlich getrocknet, werden die Kondensatabscheider an den Stellen eingebaut, an denen sich die Luft wesentlich abkühlt sowie am Ende jeden Leitungszweigs.

2.1.2 Trocknung

Wenn reine Kondensatabscheidung nicht ausreicht, wird, um einen entsprechend niedrigen Feuchtegehalt zu erzielen, die Luft getrocknet. Hierbei werden im Wesentlichen zwei Verfahren eingesetzt:

- **Kältetrocknung**
  Abkühlung bis nahe dem Gefrierpunkt und Ableitung des dabei anfallenden Kondensats
- **Adsorptionstrocknung**
  Kontakt der Luft mit hygroskopischem Material (z. B. Silicagel). Hierbei wird der Luft Wasser entzogen.

2.1.3 Filterung

Nach der Kondensatabscheidung und Trocknung wird die Druckluft durch Filter geleitet, um darin enthaltene Partikel zu entfernen. Meist werden, um die jeweils benötigte Reinheit zu erzielen, dabei Filterkombinationen eingesetzt (siehe „2.6 Druckluftqualitäten gemäß ISO 8573-1:2010“).

2.1.4 Druckregelung

Um den Druck im Netz konstant zu halten und um Druckschwankungen (z. B. durch Kompressor, Temperaturschwankungen im Netz) auszugleichen, werden Druckregler eingesetzt. Diese bestehen aus einer verstellbaren Drossel, deren Durchtrittsquerschnitt selbsttätig eingeregelt wird.

Der konstant gehaltene Druckbereich nach dem Regler wird als Sekundärbereich bezeichnet.

Der Druckbereich zwischen Kompressor und Druckregler wird als Primärbereich bezeichnet.

Der geregelte Druck im Sekundärbereich ist immer niedriger als im Primärbereich. Deshalb entsteht hierbei im Netz ein Druckgefälle. Um dieses Druckgefälle möglichst niedrig zu halten, wird bei der Einstellung des Druckreglers darauf geachtet, dass der Druckunterschied am Regler möglichst gering ist.

2.1.5 Ölung

Unter bestimmten Bedingungen ist es notwendig, die Druckluft mit Öl anzureichern. Hierzu werden Öler eingesetzt. Durch die Wirkung eines Strömungsdrucks tritt Öl aus einer Düse aus, wird zerstäubt und von der darübergeleiteten Druckluft aufgenommen.

Um Umweltbelastungen durch mit Öl angereicherter Luft/Abluft zu vermeiden, sollte auf eine Ölanreicherung, wenn möglich, verzichtet werden.

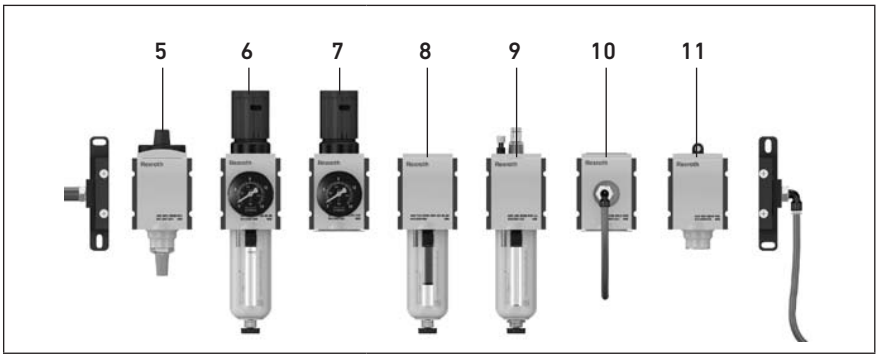
Eine Ölanreicherung kann aber notwendig werden, wenn außergewöhnliche Belastungen der Aktoren zu erwarten sind, zum Beispiel bei hohen Schaltfrequenzen der angeschlossenen Schaltventile (> 100 Schaltungen pro Minute je Schaltventil) oder bei großen Kolbengeschwindigkeiten der Aktoren (> 1 m/s).

2.2 Komponenten der Druckluftaufbereitung innerhalb pneumatischer Systeme

Pneumatisches System			
Drucklufterzeugung/Zentrale Druckluftaufbereitung ▸	**Dezentrale Druckluftaufbereitung** ▸	**Ventiltechnik** ▸	**Aktoren**
• Drucklufterzeugung • Druckluftvorbehandlung (z. B. Trocknung) • Druckluftspeicherung	• Druckluftkonditionierung	• Druckluft-steuerung und -regelung	• Antriebsglieder

Komponente		Funktion
Drucklufterzeugung/Zentrale Druckluftaufbereitung		
1	Kompressor	Komprimiert atmosphärische Luft
2	Druckluftbehälter mit	Speichert Druckluft
	• Kondensatablass	Ablassen von gebildetem Kondensat
	• Sicherheitsventil	Schützt vor kritischem Überdruck
3	Drucklufttrockner	Entfernt Flüssiganteile aus der Druckluft
4	Hauptleitung	Druckluftzufuhr/Bereitstellung

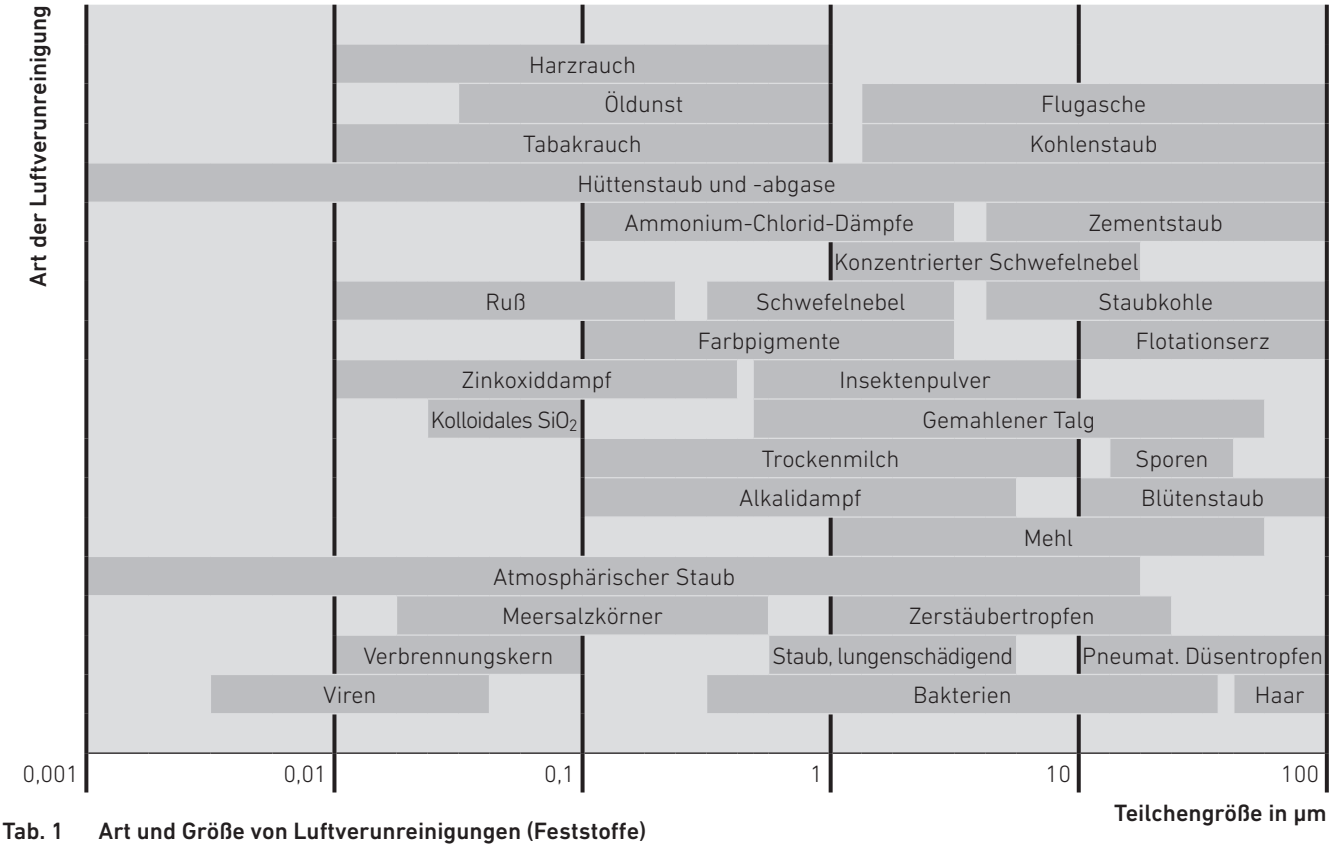
2.2.1 Dezentrale Druckluftaufbereitung



5	Absperrventil	Sperrt Druckluftzufuhr
6	Filterdruckregelventil	Reduziert den anstehenden Systemdruck auf einen maximalen, geregelten Betriebsdruck und sorgt für eine Grobfilterung der Druckluft
7	Druckregelventil	Reduziert Betriebsdruck p1 auf eingestellten Sekundärdruck p2 (p2 bleibt konstant)
8	Filter	Entfernt Partikel, Dämpfe und flüchtige Substanzen (z. B. Gerüche)
9	Öler	Sorgt für konstanten Ölgehalt der Druckluft
10	Verteiler	Dient zum Verteilen der Druckluft und ermöglicht den Anschluss eines Druckschalters
11	Befüllventil/Befülleinheit	Dient zum langsamen Hochfahren des Betriebsdrucks bei Wiederinbetriebnahme nach Netzdruckausfall bzw. NOT-AUS-Schaltung und verhindert gefährliche, ruckartige Zylinderbewegungen.
Optional:		
Membrantrockner		Entfernt Flüssiganteile aus der Druckluft
Rückschlagventil		Verhindert bei Montage zwischen Filter und Öler, dass bei Druckabfall vor der Wartungseinheit geölte Luft rückwärts in die Luftfilter gelangt.

2.3 Wie setzt sich Druckluft zusammen?

Komprimierte Umgebungsluft enthält neben dem Anteil an Gasen (78 % Stickstoff, 19 % Sauerstoff, 0,9 % Argon, 0,04 % Kohlendioxid) auch schwankende Anteile von Feststoffen, Wasser und Öl.



Tab. 1 Art und Größe von Luftverunreinigungen (Feststoffe)

Ein Kubikmeter Druckluft enthält bis zu 180 Millionen Schmutzpartikel, 80 g Wasser, 0,03 mg Öl sowie Spuren von Blei, Kadmium und Quecksilber.
Die einzelnen Schmutzstoffe können miteinander reagieren und sich zu Emulsionen verbinden, die die Funktion der Komponenten stören und schlimmstenfalls die Produkte unbrauchbar machen.

Feststoffe

Feststoffe treten in Form von Stäuben unterschiedlicher Größe und Gestalt (amorph, kristallin) auf. Sie führen zum Verschleiß an den Dichtelementen und Laufflächen.

Feuchte und Wassergehalt

In Abhängigkeit der Temperatur liegt Wasser in flüssiger oder gasförmiger Form vor. Es kann zur Korrosion an Bauteilen beitragen oder die Schmierung in den Geräten auswaschen. Mit einer Trocknung der Luft kann man den Folgen vorbeugen.

Öle

Restöle aus dem Kompressor oder angesaugte Ölaerosole tragen nicht zur Schmierung bei. Sie können sich schädlich auf Bauteile auswirken und zu erhöhtem Verschleiß führen. Durch geeignete Filter kann man Vorsorge treffen.

2.4 Drucklufterzeugung

Um die jeweils geforderte Luftqualität erreichen zu können, muss die zentrale Luftaufbereitung Wasser und Ölanteile abscheiden, überschüssiges Restwasser kondensieren und zusätzlich feste und flüssige Aerosole abtrennen.

Hierfür sind folgende Komponenten notwendig:

- Einsatz von Wasserabscheidern
- Auskondensierung durch Druckluft-Kältetrockner
- Spezifische Druckluftfilter je nach Reinheitsanforderung

2.4.1 Drucktaupunkt

Unter dem Drucktaupunkt versteht man die Temperatur, auf die komprimierte Luft abgekühlt werden kann, ohne dass Kondensat ausfällt.

Wird diese Druckluft expandiert, sinkt der reale Feuchtegehalt pro Volumen. Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen dem Drucktaupunkt und dem atmosphärischen Taupunkt.

Zum Beispiel: Komprimierte Luft bei 7 bar und einem Drucktaupunkt von 5 °C entspricht bei expandierter Luft einem atmosphärischen Taupunkt von -20 °C.

Umrechnung Drucktaupunkt in atmosphärischen Taupunkt

Die Ermittlung des Drucktaupunktes beim Entspannen der Druckluft von höherem auf niedrigeren Druck aus dem Diagramm:

- Ablesen der Temperatur (1) und Druckparameter (2), bei der die Druckluft getrocknet wurde
- Ablesen des entspannten Drucks der Druckluft (3), dem entsprechenden Drucktaupunkt (4) sowie der Temperatur des atmosphärischen Taupunkts (5)

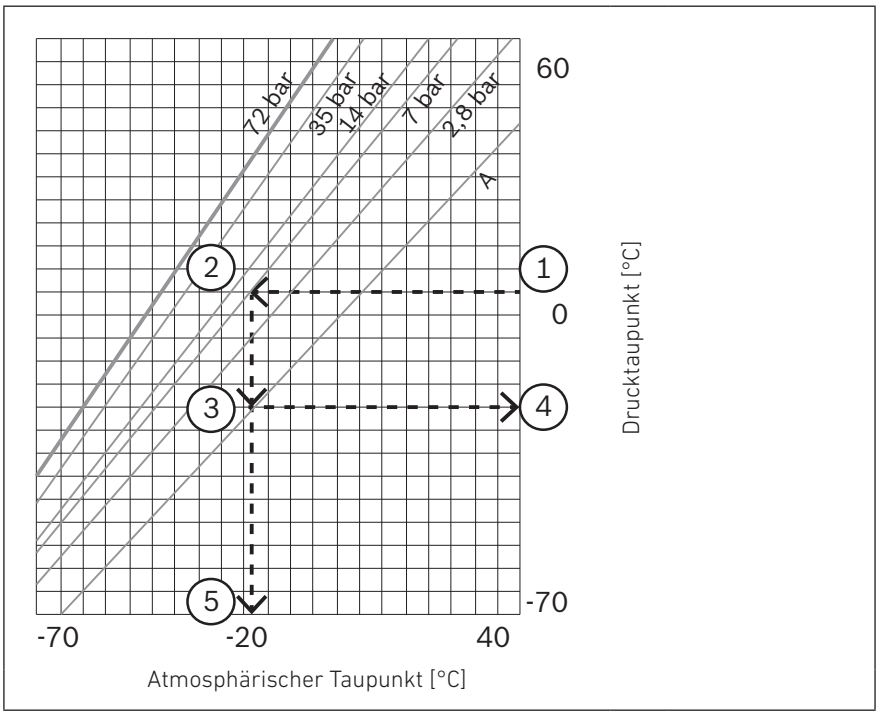


Abb. 1 Diagramm Drucktaupunkt und atmosphärischer Taupunkt; A = Atmosphäre (Abbildung in Anlehnung an VDMA-Einheitsblatt 15390: 2013)

1 Temperatur
2 Druckparameter
3 entspannter Druck
4 Drucktaupunkt
5 Temperatur des atmosphärischen Taupunkts

2.4.2 Partikelgehalt in angesaugter Luft

Die Partikelverunreinigung setzt sich zusammen aus atmosphärischem Schmutz, Mikroorganismen, Rost und Kondensatablagerungen. Bei Partikeln werden Größe und die auftretende Konzentration betrachtet. 80 % der Schmutzpartikel sind kleiner als 2 Mikrometer und werden aufgrund ihrer geringen Größe nicht vom Ansaugfilter des Kompressors zurückgehalten. So gelangen sie direkt in das Druckluftsystem.

Die Tabelle zeigt, mit wie vielen Partikeln in angesaugter Luft zu rechnen ist.

Größe	Circa pro m^3	Circa pro Tag (24 h)
< 2 µm	120 Millionen	2880 Milliarden
> 2 µm	30 Millionen	720 Milliarden

Tab. 2 Festpartikel-Eintrag bei einer Ansaugleistung von 1.000 m^3/h (bezogen auf den Umgebungszustand 20 °C, 1 bar) bei einem Kompressor-Eindruck von 8 bar

2.4.3 Wassergehalt in angesaugter Luft

In Abhängigkeit der Temperatur liegt Wasser in flüssiger oder gasförmiger Form vor. Mit einer Trocknung der Luft kann man den Wasseranteil verringern.

Die Tabelle zeigt, wie viel Wasser in der angesaugten Luft vorhanden ist.

Temperatur	Sättigungs-feuchtegehalt	50 % relative Feuchte	70 % relative Feuchte
15 °C	12,8 g/m³	153,6 L	215,2 L
20 °C	17,3 g/m³	207,6 L	290,8 L
25 °C	23,1 g/m³	277,2 L	388,0 L
30 °C	30,4 g/m³	364,8 L	510,8 L
35 °C	39,6 g/m³	475,2 L	665,2 L
40 °C	51,1 g/m³	613,2 L	858,4 L
45 °C	65,4 g/m³	784,8 L	1098,8 L

Tab. 3 Gesamtfeuchte-Eintrag in Litern pro Tag (24 h) bei einer Ansaugleistung von 1.000 m³/h, bezogen auf den Umgebungszustand 1 bar

2.4.4 Restölgehalt nach Verdichtung

In Kompressoren dienen Öle als Mittel zum Abdichten, Schmieren und Kühlen. Die Tabelle zeigt, wie viel Öl die angesaugte Luft nach der Verdichtung, abhängig vom Kompressortyp, enthält. Restölgehalt in flüssigem und gasförmigem Zustand bei einer Ansaugleistung von 1.000 m³ bei 24 h Volllastbetrieb, Enddruck 8 bar.

Kompressor-Bauform	Restölgehalt nach Verdichtung	
	pro m³	pro Tag
Kolbenkompressor, ölgeschmiert	10 – 180 mg	240 – 4.320 g
Vielzellenkompressor, ölgeschmiert	5 – 180 mg	120 – 4.320 g
Schraubenkompressor, ölgeschmiert	1 – 20 mg	24 – 480 g
Kompressoren, ölfrei verdichtend	0,1– 3 mg	2,4 – 72 g

Tab. 4 Typischer Ölanteil in der Druckluft hinter verschiedenen Kompressor-Bauformen

2.5 Blasluft, Steuerluft, Prozessluft

Blasluft

Blasluft dient zur Reinigung von Maschinen und Werkstücken, z. B. zur Entstaubung.

Steuerluft

Steuerluft ist Antriebsluft, Energieluft und Arbeitsluft. Sie wird zum Betrieb von Steuerungen, linearen und rotierenden Antrieben eingesetzt.

Die Definitionen von Drucklufteigenschaften und Bestimmung der Druckluftqualitäten sind in der ISO 8573-1:2010 und ergänzend durch das VDMA-Einheitsblatt 15390: 2013 beschrieben.

Hinweis Für die Pneumatik gelten die Vorgaben für Steuerluft.

Prozessluft

Prozessluft ist als Medium physikalisch oder chemisch in einen Be- oder Verarbeitungsprozess einbezogen.

2.6 Druckluftqualitäten gemäß ISO 8573-1:2010

In der Luft findet man neben Wasser auch Stäube, Aerosole, Chemikalien, Organismen usw., die vom Kompressor angesaugt werden. Dieses Gemisch ist entsprechend der Anwendung und der gewählten Geräte aufzubereiten. In der ISO 8573-1 sind Kontaminationsstoffe und deren Aggregatzustand aufgeführt. In dieser Norm sind außerdem Qualitätsstufen und deren Grenzwerte definiert.

Seit 2010 ist diese Norm für die Automatisierung mit Pneumatik verbindlich. Deshalb ist für eine normgerechte und energieeffiziente Druckluftaufbereitung die Frage nach verschiedenen Parametern unabdingbar.

Vorab sollten folgende Fragen geklärt sein:

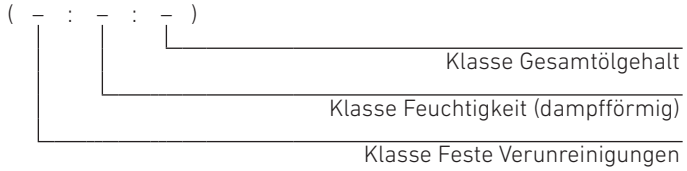
- Wie hoch ist der maximal benötigte Durchfluss?
- Benötigen alle Verbraucher die gleiche Druckluftqualität?
- Welche Druckluftqualität liefert der Kompressor?
  In der folgenden Tabelle sind die Druckluftqualitäten gemäß der Norm ISO 8573-1: 2010 dargestellt.

Klasse	Feststoffe				Wasser		Öl
	Max. Anzahl Partikel pro m^3			Massekonzentration	Drucktaupunkt Dampf[1)]	Flüssigkeit	Gesamtanteil Öl (flüssig, Aerosol und Nebel)
	0,1 – 0,5 µm	0,5 – 1 µm	1 – 5 µm	[mg/m^3]	[°C]	[g/m^3]	[mg/m^3]
0	Gemäß Festlegung durch den Gerätenutzer, strengere Anforderungen als Klasse 1						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	—	≤ –70	—	≤ 0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	—	≤ –40	—	≤ 0,1
3	—	≤ 90.000	≤ 1.000	—	≤ –20	—	≤ 1
4	—		≤ 10.000	—	≤ +3	—	≤ 5
5	—		≤ 100.000	—	≤ +7	—	—
6	—		—	≤ 5	≤ +10	—	—
7	—		—	5 – 10	—	≤ 0,5	—
8	—		—	—	—	0,5 – 5	—
9	—		—	—	—	5 – 10	—
X	—	—	—	> 10	—	> 10	> 10

[1)] Der Drucktaupunkt sollte mindestens 15 °C unter der Umgebungstemperatur liegen.

Tab. 5 Übersichtstabelle der Klasseneinteilung nach ISO 8573-1

Die Angabe der Druckluftqualität nach ISO 8573-1 hat das folgende Format:



Je nach Anforderung an die verwendete Druckluft (Klasse) muss die geeignete Kombination aus Filter, Öler, Trockner und Ventil für die jeweilige Wartungseinheit gewählt werden.

Nachfolgend sind typische Güteklassenkombinationen für verschiedene Branchen exemplarisch dargestellt.

Branchen	**Typische Güteklassen**				
	Feste Verunreinigungen	**Feuchtigkeit (dampfförmig)**		**Gesamtölgehalt**	**Steril**
	A	B_1	B_2	C	D
Bergbau	7	4	2 – 3	4	
Nahrungsmittelindustrie	2	4	2 – 3	1	
Verpackungsherstellung/Formluft	1	4	2 – 4	1	Ja
Textilgewerbe	3	4	2 – 3	2	
Druck und Papier	3	4	2 – 3	2	
Pharmazeutische Industrie	2	4	2 – 3	2	
Metallerzeugung und -verarbeitung	3 – 4	4	2 – 3	3	
Oberflächenveredlung	1	3 – 4	3 – 4	1	
Maschinen- und Anlagenbau	3	4	2 – 3	3	
Elektrotechnik, Elektronik	2	4	2 – 3	2	
Batterieproduktion Trockenraum	2	1	1	1	

B1 = Umgebungstemperatur >+10 °C B2 = Umgebungstemperatur ≤+10 °C

Tab. 6 Typische Güteklassenkombinationen für verschiedene Branchen gemäß ISO 8573-1: 2010 und VDMA-Einheitsblatt 15390: 2013

2.6.1 Referenzbedingungen

Referenzbedingungen für das Gasvolumen laut ISO 8573-1:2010 sind:

- Lufttemperatur: 20 °C
- absoluter Luftdruck: 100 kPa = [1 bar](a)
- relativer Wasserdampfdruck: 0

2.7 Energieeffizienz

Energieeffiziente pneumatische Anwendungen lassen sich nur mit einer hohen Druckluftqualität nach ISO 8573-1:2010 realisieren. Optimal dimensionierte, intelligente Wartungseinheiten sorgen für eine saubere Druckluft und überwachen die Verbräuche in der Anlage. Der Einsatz der richtig dimensionierten Komponenten bei der Verteilung der Druckluft kann so helfen, Geld zu sparen.

2.8 Filter

Druckluftfilter entfernen gezielt alle Arten fester und flüssiger Verunreinigungen aus der Druckluft und sind essentielle Komponenten der Druckluftaufbereitung.

Durch Auswahl der richtigen Filterkombination kann so die jeweils benötigte Reinheit der Druckluft erreicht werden.

2.8.1 Standardfilter

Der Filter hält entsprechend der gewählten Porenweite Partikel von 5 µm bis 40 µm im Behälter zurück. Die Verunreinigungen (flüssig + fest) werden durch die zentrifugale Wirkung der Drallplatte von der Druckluft getrennt und an die Behälterwand geschleudert.
Durch die senkrechte Einbaulage des Filters sammelt sich das Kondensat am Behälterboden und kann über den Kondensatablass abgelassen werden.

Die Polyethylenfilter lassen sich leicht ausbauen, mit Wasser auswaschen oder austauschen.

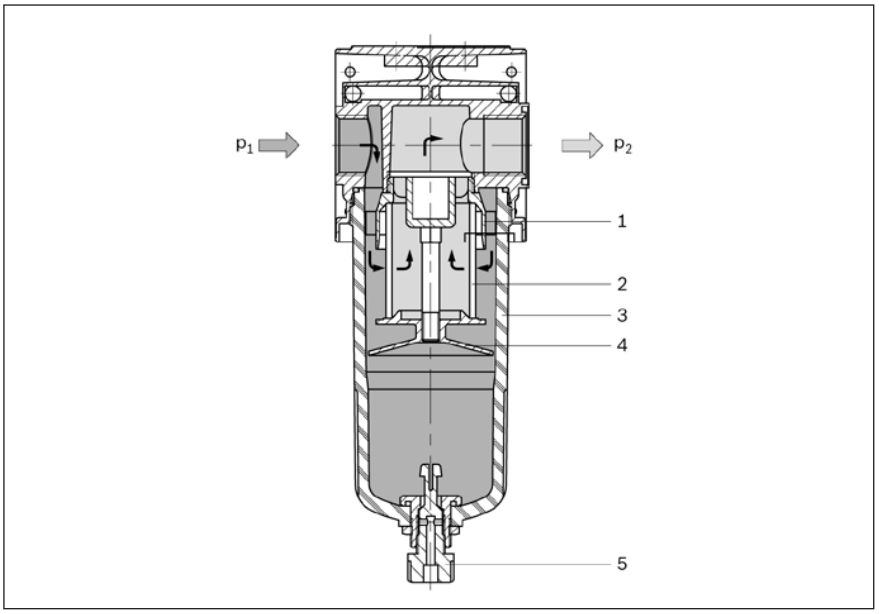


Abb. 2 Beispiel Standardfilter der Serie NL

1 Drallplatte
2 Filtereinsatz
3 Filterbehälter
4 Trennplatte
5 Kondensatablass

2.8.2 Fein-, Feinst- und Aktivkohlefilter

Mit einer weiteren Filterung durch einen Feinfilter (< 0,3 µm) und einen nachgeschalteten Feinstfilter reduziert man die Partikelgröße auf < 0,01 µm. Ein nachgeschalteter Aktivkohlefilter mindert den Restölanteil auf < 0,005 mg/m^3.

Im Allgemeinen reicht eine Filterung mit einer Porenweite von 5 µm aus. Mit zunehmender Verschmutzung des Filtereinsatzes steigt der Druckabfall am Filter, den man mit einem Differenzdruckmanometer anzeigen kann.

Für unterschiedliche Druckbereiche oder Einsatzgebiete gibt es Behälter in Metall oder Kunststoff, mit und ohne Schutzkorb.

Fein-, Feinst- und Aktivkohlefilter werden bei sehr hohen Anforderungen an die Reinheit der Druckluft eingesetzt.

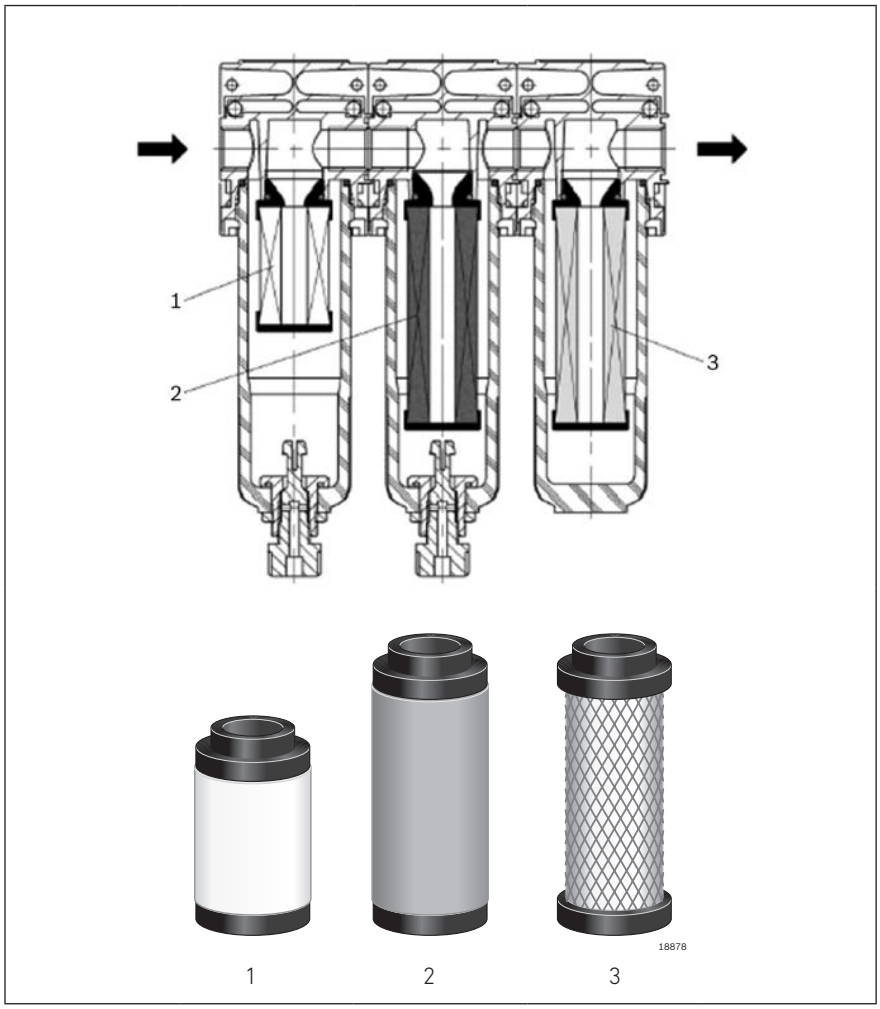


Abb. 3 Feinfilter-, Feinstfilter- und Aktivkohleelement

1 Feinfilterelement (Papier-Al 0,3 µm)
2 Feinstfilterelement (Borsilikat-Al 0,01 µm)
3 Aktivkohleelement (Aktivkohle–Al)

Feinfilter

Für hohe Anforderungen an die Reinheit der Druckluft. Feinste Partikel > 0,3 µm werden im Feinfilter abgeschieden, die die Sinter-Filterelemente (5 µm) ungehindert passieren könnten.

Feinfilter werden unter anderem in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Farbspritzanlagen
- pharmazeutische Industrie
- Präzisionsgeräte

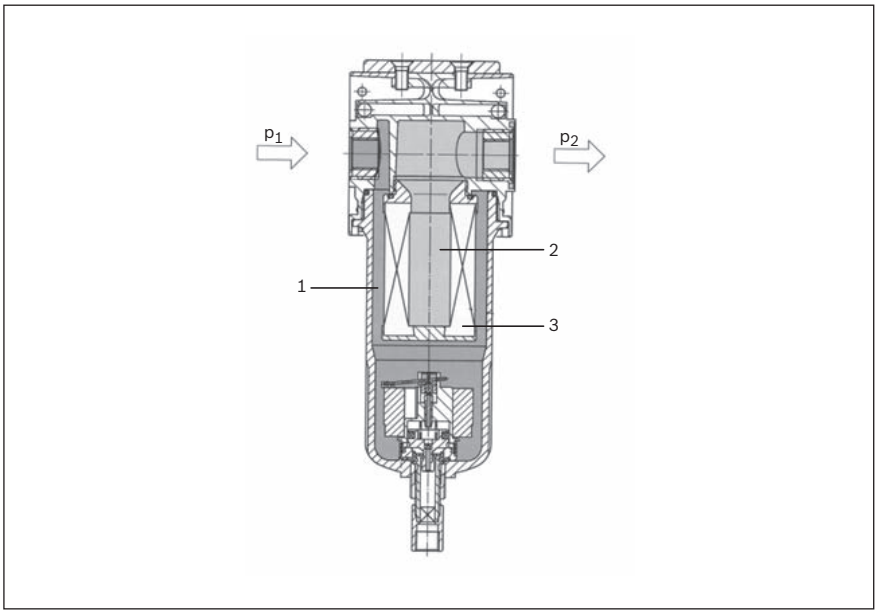


Abb. 4 Feinfilter

1 Druckluft ungefiltert
2 Druckluft gefiltert
3 Feinfilterelement

Bei den Feinfiltern sollte man den Filtereinsatz bei einem Druckabfall > 0,35 bar oder nach einem Jahr auswechseln.

Feinstfilter

Feinstfilter filtern nebelhaftes Wasser und Öl durch Durchströmung von innen nach außen heraus. Dabei sammeln sich die feinsten Tröpfchen im Filtermaterial, wandern nach außen und tropfen dort ab. Die Sättigung des Filterelements erfolgt bei einem Druckanstieg > 0,35 bar. Bei Anzeige von > 0,35 bar am Differenzdruckmanometer sollte das Filterelement ausgetauscht werden.

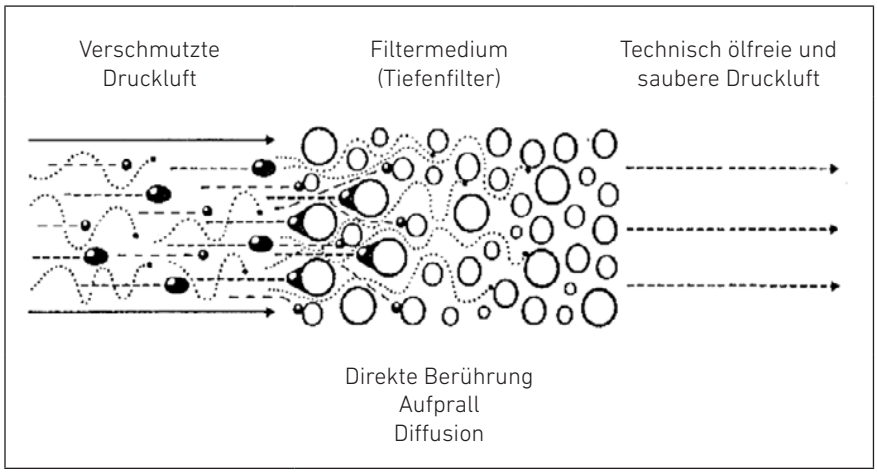


Abb. 5 Funktionsweise eines Mikrofilters

Feinstfilter werden unter anderem in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Farbspritzanlagen
- Nahrungsmittelindustrie
- pharmazeutische Industrie
- Präzisionsgeräte

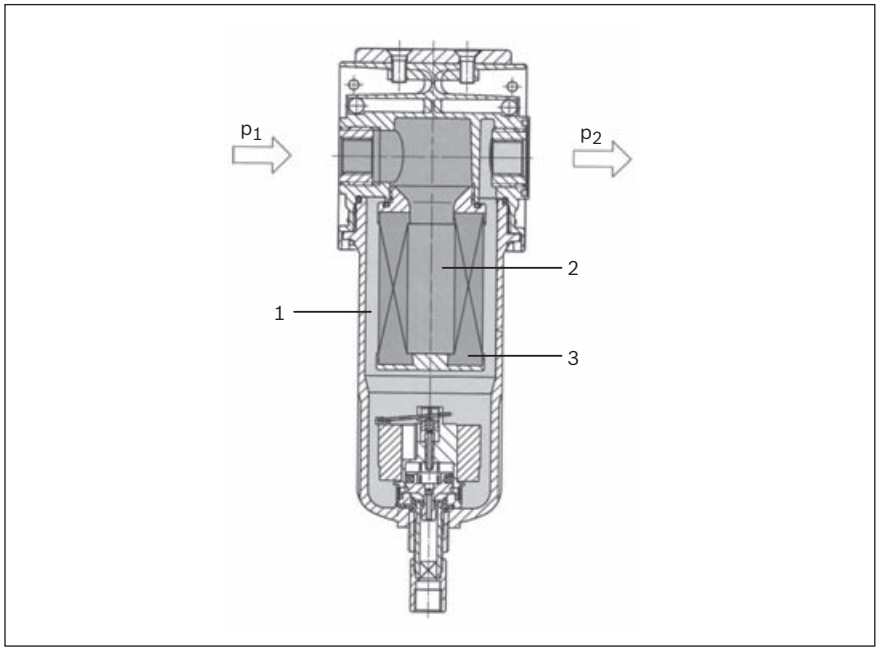


Abb. 6 Feinstfilter

1 Druckluft gefiltert
2 Druckluft ungefiltert
3 Feinstfilterelement

Aktivkohlefilter

Für die Geruchsfilterung der Druckluft. Von der Aktivkohle werden die in der Druckluft enthaltenen Öldampfmoleküle absorbiert. Ein Papierfilter lässt keine Kohleteilchen austreten. Eine Sättigung ist nicht erkennbar.

Die eingesetzten Filter setzen sich mit der Zeit zu und müssen spätestens 1/2-jährlich gewechselt werden.

Diese Angaben sind jedoch nur Richtwerte, da die Intervalle von der Qualität der Druckluft und dem Luftdurchsatz abhängen.

Aktivkohlefilter werden unter anderem in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Nahrungsmittelindustrie
- Medizintechnik
- pharmazeutische Industrie

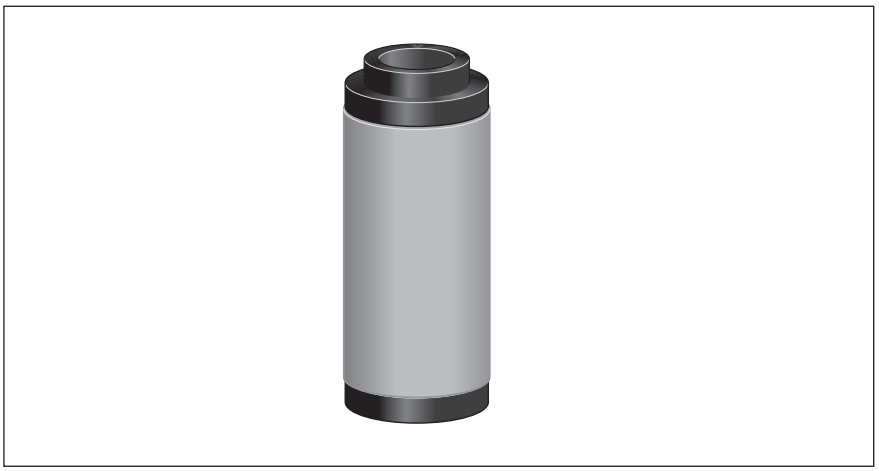


Abb. 7 Aktivkohlefilter

2.8.3 Differenzdruckmesser für Fein- und Feinstfilter

Der Differenzdruckmesser dient zur kontinuierlichen Überwachung von Fein- und Feinstfiltern für Druckluft. Er kontrolliert das Filterelement auf kritische Betriebszustände, wie z. B.:

- Überalterung
- zu starke Verschmutzung
- zu hohen Differenzdruck
- Druckschlag

Abb. 8 Differenzdruckmesser für Fein- und Feinstfilter, Beispiel PG1-DIM

Abb. 9 Differenzdruckmesser für Fein- und Feinstfilter, Beispiel PG1-DIE

2.8.4 Aufbau und Funktion

Der Differenzdruckmesser hat zwei durch eine Membran getrennte Druckkammern, eine Kammer für den Druck vor und eine Kammer für den Druck nach dem Filter. Die Druckdifferenz wird durch den Stand des mit der Membran verbundenen Kolbens angezeigt. Der Kolbenweg wird entweder auf die Skalenanzeige magnetisch übertragen (siehe oben Beispiel PG1...) oder direkt als Indikator angezeigt (siehe oben Beispiel PG1...).

Hinweis

Wenn das Messsystem einem Druckschlag > 1 bar ausgesetzt ist, wird der Zeiger oberhalb des roten Bereichs der Anzeigenskala arretiert. In diesem Fall:

- Filterelemente auf Beschädigungen überprüfen und gegebenenfalls austauschen
- Differenzdruckmesser auf Funktionsfähigkeit prüfen und neu justieren

Für die Baureihe AS kann wahlweise auf die Fein- und Feinstfilter eine Differenzdruckanzeige mit Farbanzeige zur Überwachung des Differenzdrucks an dem Filterelement montiert werden (siehe nachfolgende Abbildungen). Die Anzeige fungiert als Indikator für ein rechtzeitiges Wechseln des Filterelements aufgrund von Verschmutzung bzw. Verölung.

Im Neuzustand zeigt die Farbe **Grün** (1) bei sachgemäßer Anwendung den ordnungsgemäßen Betriebszustand an.

Abb. 10 Differenzdruckanzeige Beispiel Serie AS

1 Grün: ordnungsgemäßer Betriebszustand

2 Grün/Rot: Filterelement verschmutzt/verölt

3 Rot: verschmutzt

Bei zunehmender Verschmutzung bzw. Verölung des Filterelementes erhöht sich der Differenzdruck, die Anzeige wechselt dann von **Grün** (1) in Richtung **Grün/Rot** (2) und schließlich auf **Rot** (3).

Die Differenzdruckanzeige deckt einem Differenzdruckbereich von 0,02–0,50 bar Δp ab.

Hinweis

Ein Filterelementwechsel sollte stattfinden, bevor die Anzeige Rot zeigt, mindestens aber einmal pro Jahr.

Verschmutzungsanzeige

Die eingesetzten Filter setzen sich mit der Zeit zu und müssen rechtzeitig ausgewechselt werden:

- Bei Filtern mit Verschmutzungsanzeige (Serie AS) zeigt eine rote Markierung den Wechselzeitpunkt an.
- Filter ohne Verschmutzungsanzeige (Serie AS) sollten 1/2-jährlich (Aktivkohlefilter) oder jährlich (alle anderen Filter) gewechselt werden.

Diese Angaben sind nur Richtwerte, da die Intervalle von der Qualität der Druckluft und dem Luftdurchsatz abhängen.

2.8.5 Kondensatablass

Der Behälter ist regelmäßig zu entleeren. Der Wasserspiegel darf nicht bis zur Trennkappe steigen, da sonst das abgeschiedene Wasser vom Luftstrom wieder mitgerissen wird.

Manueller Kondensatablass

Die Entleerung kann während des Betriebs erfolgen, indem man die Ablassschraube aufdreht und damit das Ablassventil öffnet. Die entströmende Luft reißt das gesammelte Kondensat mit in die Umgebung. Durch die Ableitung des Gemischs in einen Behälter schützt man sich und die Umwelt.

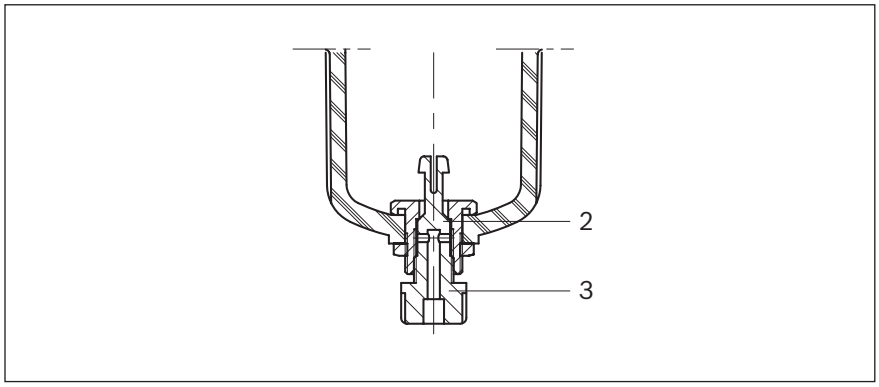


Abb. 11 Manueller Kondensatablass

2 Ablassventil 3 Ablassschraube

Halbautomatischer Kondensatablass

Wenn der Betriebsdruck im Behälter unter 1,5 bar fällt, öffnet das Ablassventil. Das gesammelte Kondensat strömt durch die expandierende Luft in die Umgebung bzw. tropft zur Erde. Ein Auffangbehälter beugt einer Verunreinigung vor.

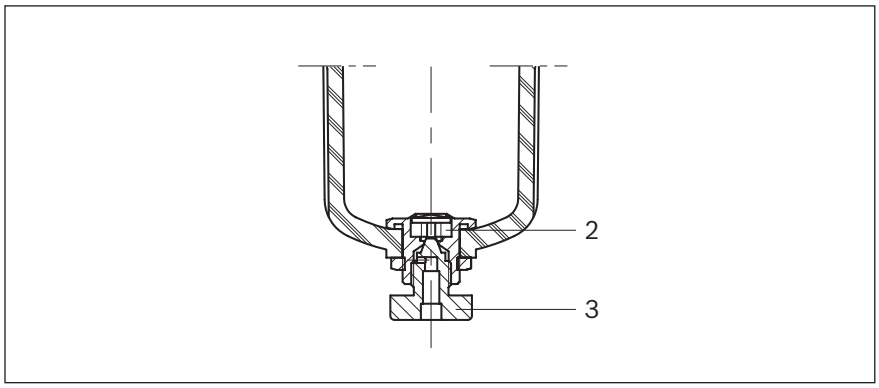


Abb. 12 Halbautomatischer Kondensatablass

2 Ablassventil 3 Ablassschraube

Vollautomatischer Kondensatablass

Das Ablassventil öffnet selbsttätig, sobald der Schwimmer seinen Höchststand erreicht hat. Die expandierende Luft reißt das Kondensat mit in die Umgebung. Nach Erreichen des Tiefststandes schließt das Ablassventil wieder.

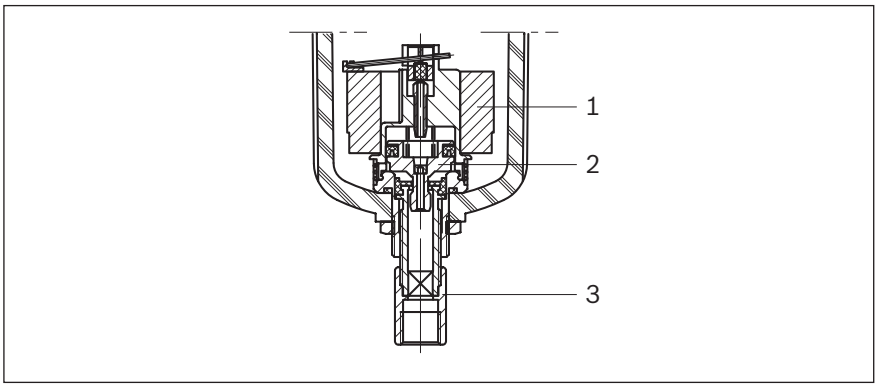


Abb. 13 Vollautomatischer Kondensatablass

1 Schwimmer
2 Ablassventil
3 Ablassschraube (bei einem Ablassanschluss G 1/8 ist ein gefasster Kondensatablass nachrüstbar)

Das Kondensatablassventil gibt es in zwei Ausführungen:

- **NO-Ausführung**
  Bei drucklosem Behälter befindet sich der Kolben (4) durch die Druckfeder (6) in geöffneter Stellung.
  Bei Beaufschlagung des Behälters mit Druck schließt ab 1,5 bar der Kolben an der Manschette (5) die Auslassöffnung.

  Einsatz:

  – bei hohem Kondensataufkommen
  – wenn Druckluft selten abgeschaltet wird
  – wenn kein Kondensat nach dem Abschalten des Druckes im Behälter sein soll

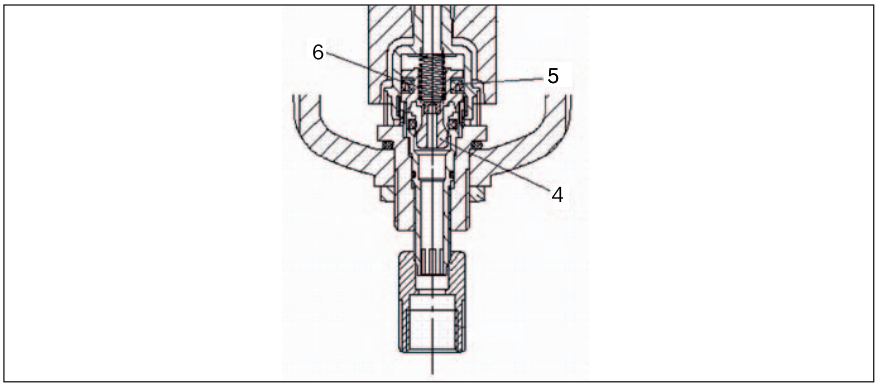


Abb. 14 Kondensatablass NO-Ausführung

4 Kolben
5 Manschette
6 Druckfeder

- **NC-Ausführung**
  Bei drucklosem Behälter befindet sich der Kolben (4) durch die Druckfeder (7) in geschlossener Stellung.

  Einsatz:

  – bei hohem Kondensataufkommen
  – wenn Druckluft selten abgeschaltet wird
  – wenn ein sehr langsamer Druckaufbau stattfindet, z. B. durch geringe Kompressorleistung oder große Verbraucher im Druckluftsystem

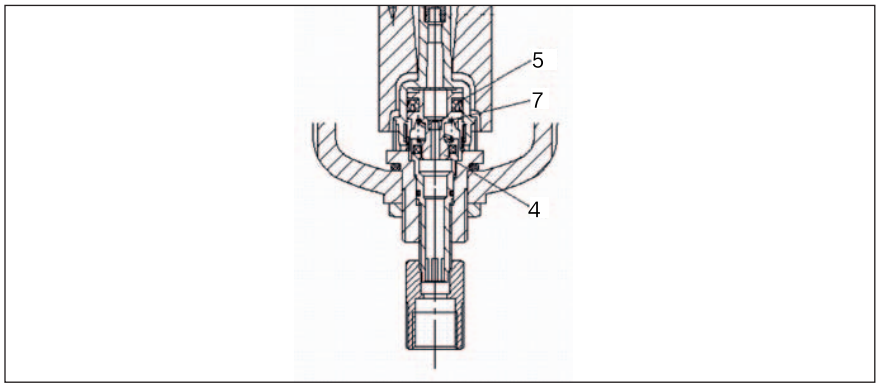


Abb. 15 Kondensatablass NC-Ausführung

4 Kolben
5 Manschette
7 Druckfeder

2.9 Membrantrockner

Die feuchte Druckluft durchströmt das Zentralrohr und die Membranen. Dabei diffundiert ein Teil des Wasserdampfes durch den Membranwerkstoff. Bevor die getrocknete Druckluft das Gerät verlässt, expandiert eine Teilmenge, die sogenannte Spülluft, in den Raum, in dem sich die Membranaußenwand befindet. Die Spülluft führt den diffundierten Wasserdampf über die Spülluftaustrittsbohrungen zur Atmosphäre hin.

Dieser Regenerationsprozess ist von Druck, Volumenstrom, Eintrittstemperatur und Membranoberfläche (Parallelschaltung von Membrantrocknern) abhängig.

Dem Membrantrockner sind ein Vor- und Feinstfilter (< 0,01 µm) vorgeschaltet, um die Druckluft vor dem Trocknungsprozess von Partikeln, Flüssigkeiten und Ölen zu reinigen.

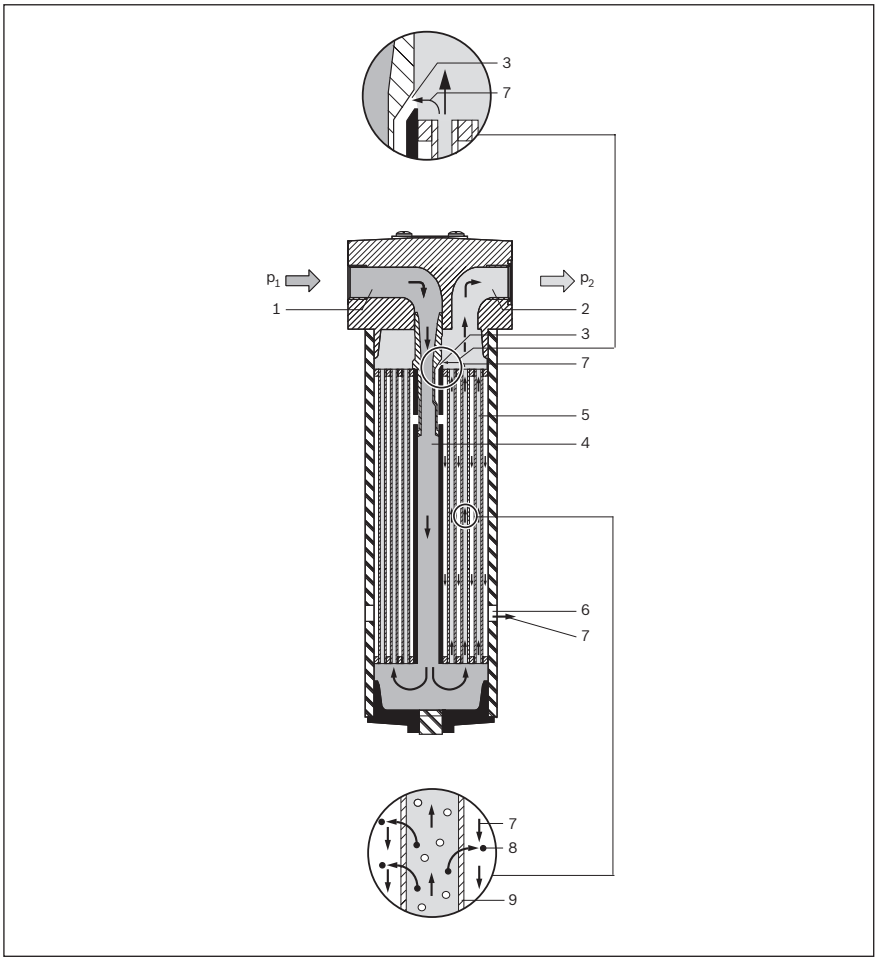


Abb. 16 Membrantrockner, Beispiel Serie NL

1 feuchte Druckluft
2 trockene Druckluft
3 Spüldüse
4 Zentralrohr
5 Membrane
6 Membran Spülluftaustrittsbohrungen
7 Spülluft
8 Wasserdampf
9 Membranwerkstoff

Einsatz:

- zur Absenkung des Drucktaupunkts
- zur Reduzierung des Wassergehalts in der Druckluft

2.10 Druckregelventil

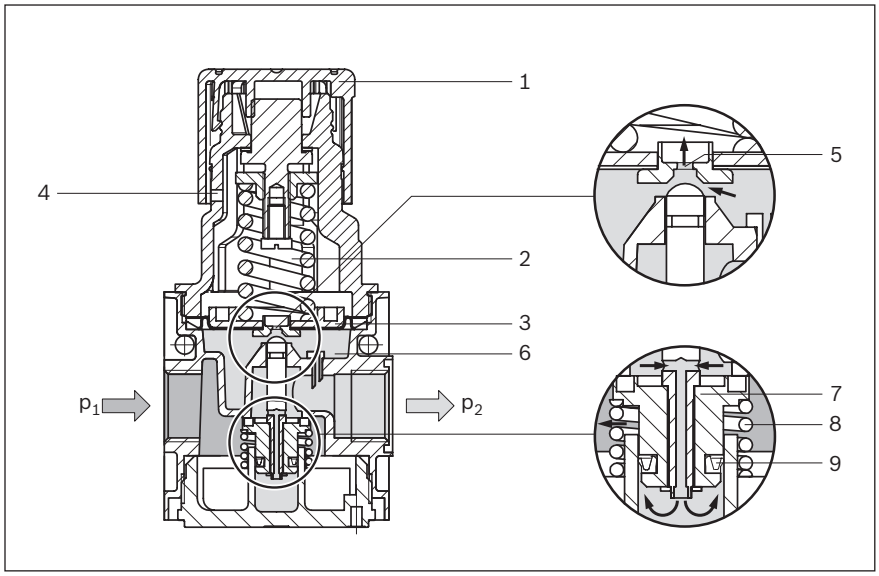


Abb. 17 Das Beispiel zeigt die Serie NL

1 Einstellknopf
2 Druckfeder
3 Federteller mit Sickenmembran
4 Austrittsbohrung für Sekundärentlüftung
5 Sekundärentlüftungsbohrung
6 Sekundärdruckkammer
7 Ventilkegel
8 Gegendruckfeder
9 Rückschlagventil (Lippendichtung)

Das Druckregelventil reduziert den Betriebsdruck p_1 auf den eingestellten Sekundärdruck p_2 und hält diesen weitgehend konstant, unabhängig von Betriebsdruckschwankungen Δp_1 und Belastungen des Sekundärdrucks p_2. Der Eingangsdruck darf nicht unter den eingestellten Wert fallen. Mit zunehmender Spanne zwischen Betriebsdruck p_1 und Sekundärdruck p_2 verlieren diese Störgrößen an Bedeutung.

Erhöhte Sekundärdrücke p_2 werden über das Sekundärentlüftungssystem (Sekundärdruckkammer, -entlüftungsbohrung und -entlüftungsaustrittsbohrung) begrenzt abgebaut. Bei fehlendem Betriebsdruck p_1 wird die Anlage über das im Ventilkegel integrierte Rückschlagventil (Lippendichtung) entlüftet.

2.10.1 Sekundärentlüftung

Das Druckregelventil verfügt über zwei Sekundärentlüftungsfunktionen.

Funktion: Sekundärentlüftung

Eingangsdruck p_1 konstant.

Die Sekundärentlüftung spricht ab einer Druckerhöhung von ca. 0,3 bar zum eingestellten Druck p_2 an.

Die Entlüftung erfolgt über eine kleine Entlüftungsbohrung unter dem Handrad.

Funktion: Entlüftung p_2 über Hauptsitz/Eingang P_1

Eingangsdruck an p_1 wird entlüftet.

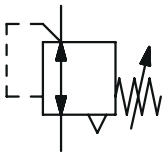
Ab einer Druckdifferenz $p_2 – p_1 \geq 1$ bar wird der eingebaute Lippenring überströmt. Sobald der aktuelle Druck p_2 0,1 – 0,5 bar (systemabhängig) unter den eingestellten Druck p_2 fällt, wird der Hauptsitz (zum Nachregeln) geöffnet und p_2 wird über den Hauptsitz entlüftet.

Hinweis

Die Zeit zum Öffnen des Hauptsitzes ist abhängig vom Druck p_2 und dem vorhandenen Entlüftungsvolumen.

Je größer der Differenzdruck $p_2 – p_1$ und je kleiner das zu entlüftende Volumen bei p_2, desto schneller öffnet der Hauptsitz bzw. erfolgt die „Entlüftung“.

2.11 Druckregelventil mit durchgehender Druckversorgung



Beim Druckregelventil mit durchgehender Druckversorgung wird der geregelte Sekundärdruck p_2 nach unten abgeführt. Zusätzlich steht der Betriebsdruck p_1 zur weiteren Druckversorgung zur Verfügung.

Abb. 18 Einseitige Druckversorgung

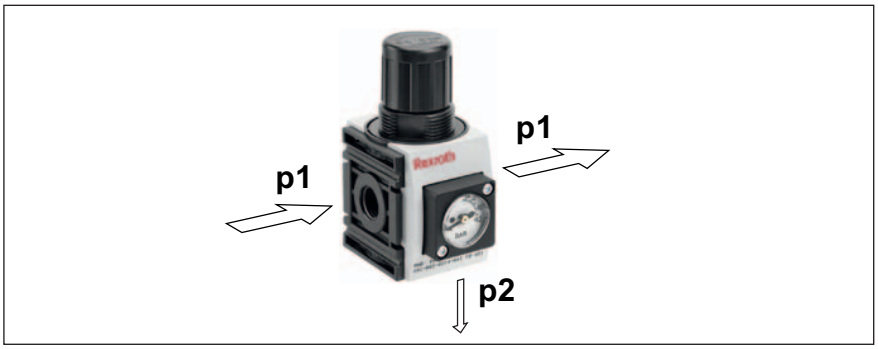


Abb. 19 Durchgehende (beidseitige) Druckversorgung

2.12 Präzisionsdruckregelventil

Ein Präzisionsdruckregelventil entspricht in seinen Grundfunktionen einem Druckregelventil (siehe „2.10 Druckregelventil“), besitzt aber aufwendigere Reglerkonstruktionen, wie z. B. eine größere, metallisch dichtende Entlüftungsbohrung und andere Dichtungsmaterialien. Diese Maßnahmen führen dann zu einem besseren Regelergebnis.

Präzisionsdruckregelventile verfügen im Vergleich zu den Standardregelventilen über folgende zusätzliche Eigenschaften:

- metallisch dichtender Sekundärentlüftungssitz mit größerer Entlüftungskapazität und frühzeitigem Öffnen der Sekundärentlüftung bei Druckanstieg an p_2
- Eigenluftverbrauch
- sehr geringe Hysterese
- sehr geringer Druckverlust bei Durchfluss
- sehr gute Ansprechempfindlichkeit der Sekundärentlüftung (≤ mbar)
- größere Sekundärentlüftungskapazität
- gefasste Abluft über R-Anschluss

2.13 Filterdruckregelventil

Beim Filterdruckregelventil handelt es sich um eine kompakte Einheit zur Reduzierung des anstehenden Systemdrucks auf einen maximalen, geregelten Betriebsdruck und Grobfilterung der Druckluft.

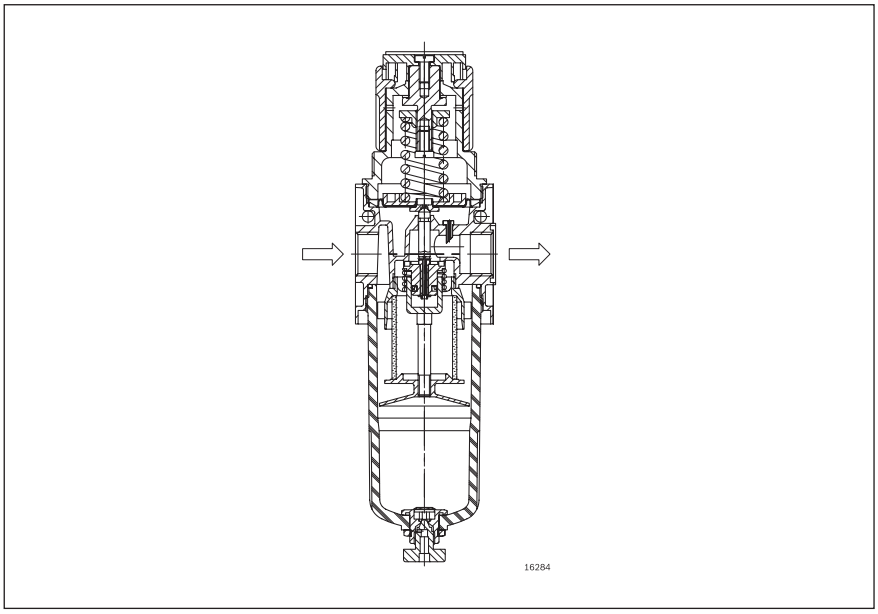


Abb. 20 Filterdruckregelventil

2.14 Manometer

Als Messeinrichtung zur Erfassung und zur Anzeige des physikalischen Drucks werden Druckmessgeräte (Manometer) eingesetzt. Drei Messtypen können unterschieden werden:

- Relativdruckmessgeräte (messen den Relativdruck in Bezug auf den Luftdruck)
- Absolutdruckmessgeräte mit Vakuum als Bezugsdruck
- Differenzdruckmessgeräte (Druckunterschied zweier beliebiger Drücke)

Je nach Messprinzip und technischer Auslegung können folgende Manometertypen unterschieden werden:

Unmittelbare Druckmessgeräte

- Kolbenmanometer
- Flüssigkeitsmanometer

Mittelbare Druckmessgeräte
Messgeräte mit federelastischem Messglied

- Rohrfedermanometer
- Plattenfedermanometer (mit Membranfeder)

Absolut- und Differenzdruckmessgeräte

- Membranmanometer
- zur Differenzdruckmessung für Vor- und Feinstfilter
- Flanschausführung

Spezielle Druckmessgeräte

- Barometer
- Drucksensoren

2.14.1 Rohrfedermanometer

Rohrfedermanometer sind Druckmessgeräte, deren Messglied aus einer kreis-, schnecken- oder schraubenförmig aufgewickelten Rohrfeder besteht. Bei Druckbeaufschlagung biegt sich die Rohrfeder auf. Das nicht eingespannte Federende führt dabei eine Bewegung aus, die ein Maß für den Druck ist. Über ein Zeigerwerk wird diese Bewegung angezeigt. Rohrfedermanometer sind die am häufigsten eingesetzten Druckmessgeräte.

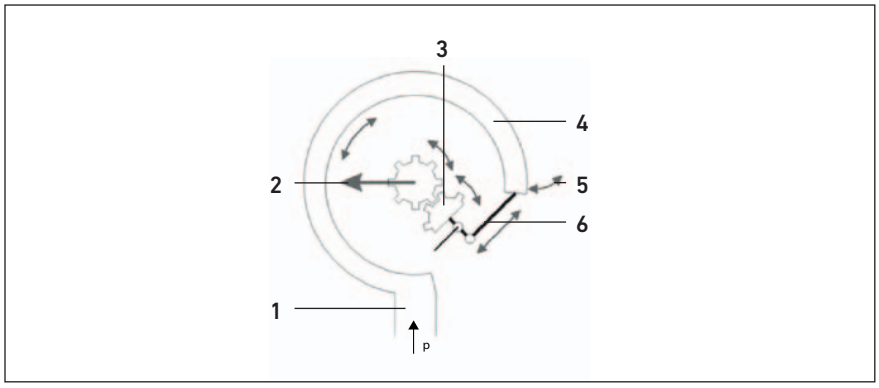


Abb. 21 Prinzipdarstellung Rohrfedermanometer

1 Rohrfederanschluss
2 Zeiger
3 Verzahnung
4 Rohrfeder
5 Ausdehnung Rohrfeder
6 Zugstange

Eigenschaften:

- realisierbare Messbereiche: Vakuum bis 10^{-6} bar (Quarzglasrohrfedern), 0,6–60 bar (Kreisfedern), 60–1000 bar (Schneckenfedern) und bis 4000 bar (Schraubenfedern)

Vorteile:

- variable Anpassung an Messbereich durch Form der Rohrfeder und durch Variation der Rohrwandstärke, der Rohrquerschnittsgeometrie und des Rohrfeder-Werkstoffs

Nachteile:

- Rohrfedern können nur begrenzt gegen Überlast geschützt werden.

2.14.2 Plattenfedermanometer

Plattenfedermanometer besitzen kreisförmige, gewellte Membranen, die zwischen zwei Flanschen entweder am Rand eingespannt oder verschweißt und einseitig mit Druckluft beaufschlagt werden. Die dadurch hervorgerufene Durchbiegung wird als Maß für den Druck genutzt und über ein Zeigerwerk angezeigt.

Eigenschaften:

- Realisierbare Messbereiche liegen zwischen 16 mbar und 40 bar.

Vorteile:

- hohe Robustheit, also Überbelastbarkeit gegenüber den üblichen Rohrfedergeräten
- große Werkstoffauswahl möglich

Nachteile:

- Aufgrund des geringen Federweges (ca. 1,5 mm) haben sie eine vergleichsweise geringe Genauigkeit von nur 1,6 %.

2.14.3 Genauigkeitsklassen

Die Genauigkeitsklasse entspricht der Fehlergrenze in Prozent eines angezeigten Skalenendwerts.

So bedeutet eine Messgenauigkeit der Klasse 4, dass das Druckmessgerät für den Bereich 10 bar im gesamten Messbereich nicht mehr als ± 4 % (± 0,4 bar) abweichen darf.

Genauigkeitsklasse	Maximal zulässige Abweichung in Prozent
0,1	± 0,1 %
0,25	± 0,25 %
0,6	± 0,6 %
1	± 1 %
1,6	± 1,6 %
2,5	± 2,5 %
4	± 4 %

Tab. 7 Genauigkeitsklasse

2.14.4 Membranmanometer zur Differenzdruckmessung

Der Differenzdruckmesser dient zur kontinuierlichen Überwachung von Fein- und Feinstfiltern für Druckluft. Er kontrolliert das Filterelement auf kritische Betriebszustände, wie z. B.:

- Überalterung
- zu starke Verschmutzung
- zu hohen Differenzdruck
- Druckschlag

Aufbau und Funktion

Der Differenzdruckmesser hat zwei durch eine Membran getrennte Druckkammern, eine Kammer für den Druck vor und eine Kammer für den Druck nach dem Filter. Die Druckdifferenz wird durch den Stand des mit der Membran verbundenen Kolbens angezeigt. Der Kolbenweg wird entweder auf die Skalenanzeige magnetisch übertragen oder direkt als Indikator angezeigt.

2.15 Öler

AVENTICS-Produkte sind mit einer Initialschmierung versehen und können mit ölfreier Druckluft betrieben werden. Es wird im Allgemeinen keine weitere Schmierung benötigt. Bei Einsatz von geölter Druckluft wird die Initialschmierung des Antriebs ausgewaschen. Deshalb ist für den weiteren Einsatz stets geölte Druckluft erforderlich, um die Grundschmierung des Antriebs zu gewährleisten. Große Ölmengen führen zur Überölung der Anlage, welche die Quellung von Dichtungselementen und eine starke Reduzierung der Lebensdauer zur Folge hat. Aus Gründen des Umweltschutzes sollte ein ölfreier Betrieb angestrebt werden.

Der Einsatz von Ölern ist unter folgenden Bedingungen notwendig:

- Für den Betrieb von Stahlschieberventilen und Druckluftwerkzeugen
- Bei hohen Betriebsgeschwindigkeiten > 1,5 m/s
- Immer wenn angeschlossene Anlagenkomponenten es erfordern oder die Anlagendokumentation es vorschreibt

Öler sind Komponenten von Wartungseinheiten. Sie dienen zur dosierten Abgabe von Öl an die Druckluft. Die Öler sollten stets in der Nähe des Verbrauchers in senkrechter Einbaulage und in Durchströmungsrichtung montiert sein. Auch wenn die Anlage unter Druck steht, kann man die verbrauchte Ölmenge nachfüllen.

Für unterschiedliche Druckbereiche oder Einsatzgebiete gibt es Behälter aus Metall oder Kunststoff, mit und ohne Schutzkorb. Für die externe elektrische Niveauabfrage kann ein Sensor mit Reed-Kontakt angeschlossen werden.

Hinweis

Für den Fall, dass Öl erforderlich ist, sollten 1 bis 2 Öltropfen pro m^3 Luft (Normal-Nebelöler) bzw. 10 bis 20 Öltropfen pro m^3 Luft (Micro-Nebelöler) ausreichend sein. Üblich sind Mineralöle, z. B. HLP-Öle nach DIN 51524 Teil 2. Bei Normal-Nebelölern ist das Nachfüllen von Öl während des Betriebs möglich.

Anwendung	**Flammpunkt Min. [°C]**	**Stockpunkt Min. [°C]**	**Dichte bei 15 °C [g/cm³]**	**Viskositätsklasse**	**Kinematische Viskosität**	
					bei [°C]	**[cSt]**
In Gebäuden	240	-24	0,88	ISO VG 68	40	68
Bei winterlichen Temperaturen (niederviskoses Öl)	188	-42	0,87	ISO VG 32	40	35,9

Tab. 8 AVENTICS empfiehlt die in der Tabelle genannten Öle

2.15.1 Normal-Nebelöler

Ein Strömungswiderstand (Stauklappe) führt zu einem Druckabfall $p_{1,2}$, der sich proportional zum Volumenstrom ändert. Die Druckdifferenz wirkt auf das Öl im Behälter (Primär-Durchgangsbohrung) und fördert es über das Ölansaugrohr in den Dosierkegel. Mit der Dosierschraube stellt man die Ölmenge ein, welche der abfließenden Druckluft p_2 zugeführt wird.

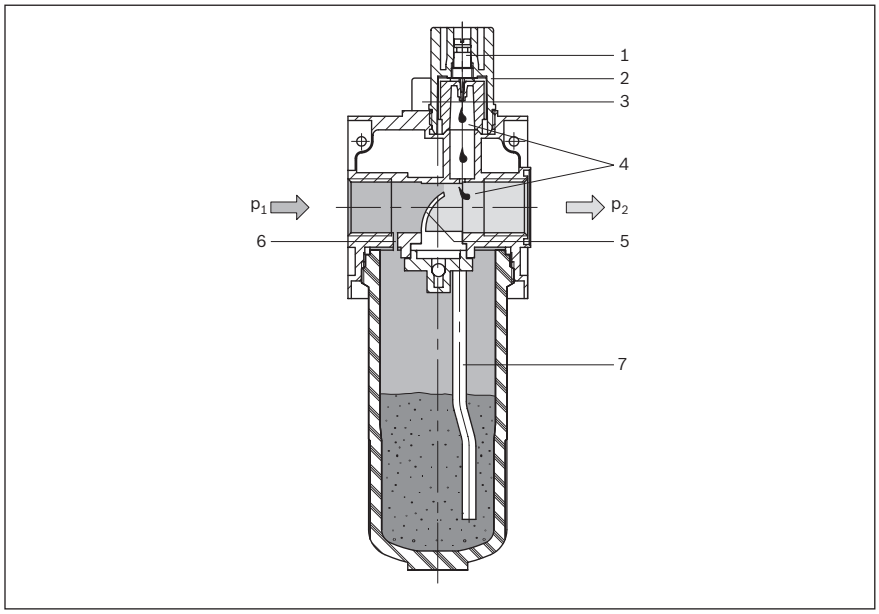


Abb. 22 Normal-Nebelöler, Beispiel Serie NL

1 Dosierschraube
2 Dosierkegel
3 Nachfüllschraube
4 Öltropfen
5 Stauklappe
6 Primär-Durchgangsbohrung
7 Ölansaugrohr

Abb. 23 Komponenten Nebelöler, Serie AS

1 Betätigungsknopf für automatische Ölbefüllung
2 Dosierschraube für gewünschte Ölmenge
3 Schauglas (Ölerdom) zum Erkennen der Öltropfen
4 Behälterentriegelung
5 Kunststoffbehälter / Sichtfenster
6 Schutzkorb
7 Anschlussgewinde für automatische Ölbefüllung
8 Maximaler Füllstand

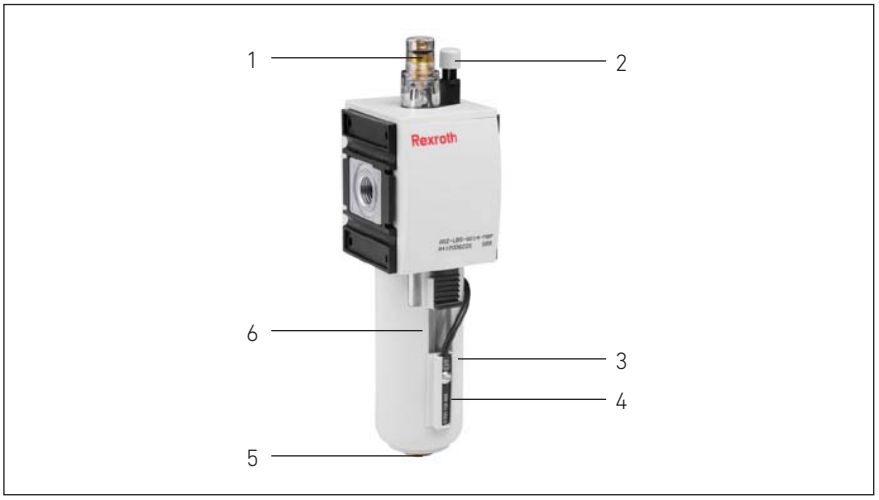


Abb. 24 Nebelöler mit ST4-Sensor zur Ölfüllstandsüberwachung, Serie AS

1 Dosierschraube für gewünschte Ölmenge
2 Betätigungsknopf für automatische Ölbefüllung
3 Befestigungselement für Sensor
4 Reed-Sensor, Beispiel Serie ST6
5 Anschluss für Druckluftschlauch zur automatischen Ölbefüllung
6 Ölbehälter mit schwimmendem Magneten zur Messung der Füllstandshöhe mit Hilfe eines Sensors

2.15.2 Micro-Nebelöler

Die Grundfunktionen „Strömungswiderstand, Ölförderung und -dosierung" sind bei Micro- und Normal-Nebelölern identisch. Der Micro-Nebelöler verfügt über einen zusätzlichen Venturi-Einsatz und eine Prallplatte, welche das Öl in kleinste Tröpfchen zerstäuben. Der feine Ölnebel (ca. 10 % der geförderten Ölmenge) wird über die Sekundär-Durchgangsbohrung von der abfließenden Druckluft p_2 angesaugt.

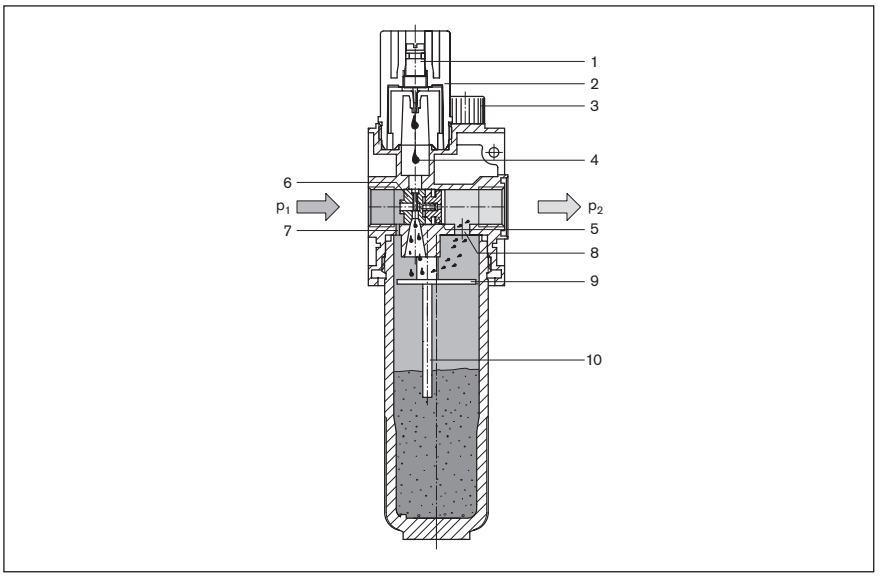


Abb. 25 Micro-Nebelöler Serie NL

1 Dosierschraube
2 Dosierkegel
3 Nachfüllschraube
4 Öltropfen
5 Stauklappe
6 Venturi-Einsatz
7 Primär-Durchgangsbohrung
8 Sekundär-Durchgangsbohrung
9 Prallplatte
10 Ölansaugrohr

2.16 3/2-Wege-Absperrventil

Das 3/2-Wege-Absperrventil gibt es in den Ausführungen mechanisch, elektrisch und pneumatisch betätigt.

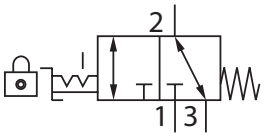
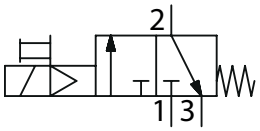
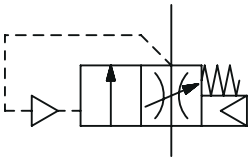
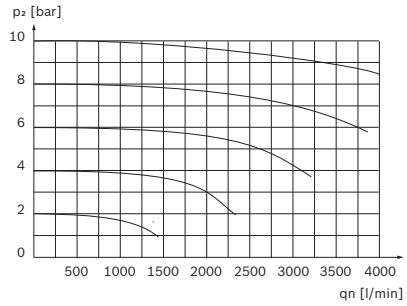
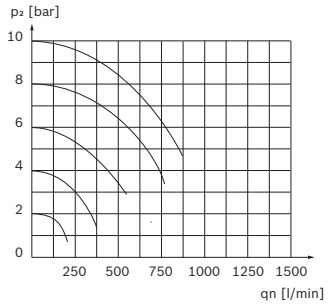
Schaltbild	3/2-Wege-Absperrventil
	Mechanisch betätigt
	Elektrisch betätigt
	Pneumatisch betätigt

Abb. 26 3/2-Wege-Absperrventil, Serie AS1, elektrisch betätigt SOV-...-024

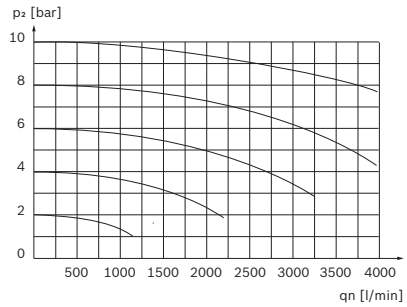
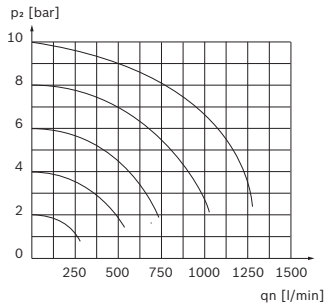
1 Kupplungsdose mit elektrischem Anschluss DIN 43 650 Form C, alternativ mit M12x1

2 Vorsteuerventil Serie D016,
Adapter für D030 vorhanden, z. B. für die Automobilindustrie

3 Anschluss Entlüftung G1/4 (für Schalldämpfer oder Verschraubung für gefasste Abluft)

Mechanisch / Kugelhahn	
Durchfluss 1 – 2: **2.600 Nl/min**	Durchfluss 2 – 3 (unten): **310 Nl/min**
	

Tab. 9 Durchflussmengen mechanisch

Elektrisch, pneumatisch	
Durchfluss 1 – 2: **2.000 Nl/min**	Durchfluss 2 – 3 (unten): **380 Nl/min**
	

Tab. 10 Durchflussmengen elektrisch, pneumatisch

2.17 Befüllventil/Befülleinheit

Ein Befüllventil dient zum langsamen Hochfahren des Betriebsdruckes p_2 bis 50 % von p_1. Bei Erreichen der 50 % von p_1 bar wird dann der komplette, über den Regler eingestellte Betriebsdruck p_1 auf einmal zugeschaltet. Dadurch werden ein schlagartiger Druckaufbau bei Wiederinbetriebnahme nach Netzdruckausfall bzw. NOT-AUS-Schaltung und somit gefährliche, ruckartige Zylinderbewegungen verhindert.

Das Bild links zeigt die Version mit einstellbarem Umschaltdruck. Es stehen auch Varianten mit einstellbarer Füllzeit und Umschaltdruck zur Verfügung.

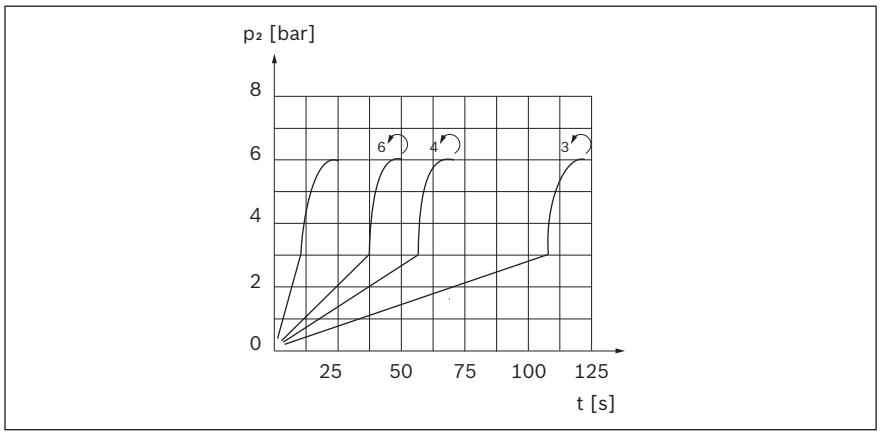


Abb. 27 Füllzeit einstellbar

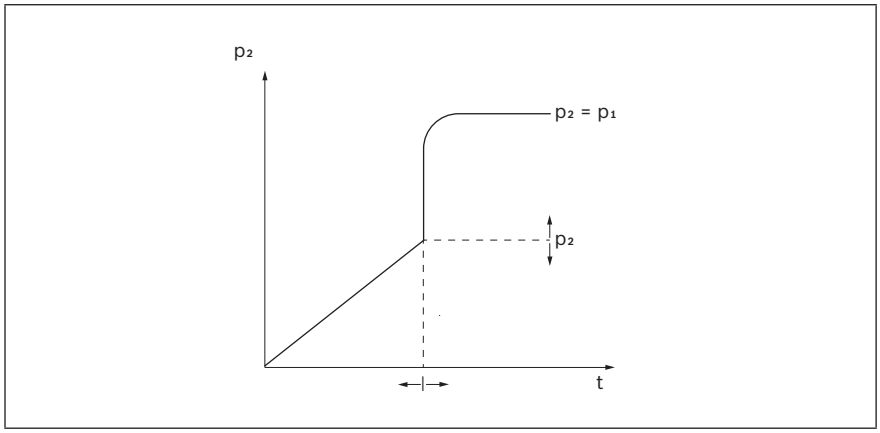
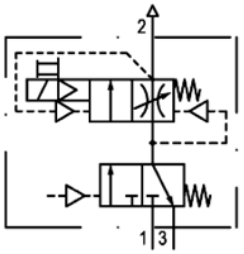


Abb. 28 Füllzeit und Umschaltdruck einstellbar

2.17.1 Befülleinheit



Die Befülleinheit kombiniert das Befüllventil mit einem elektrisch oder pneumatisch betätigten 3/2-Wege-Absperrventil.

Befüllventil/Befülleinheit mit elektrischer Vorrangschaltung

Durch Betätigung der elektrischen Vorrangschaltung wird der langsame Druckaufbau unterbrochen und der Druck p_1 sofort durchgeschaltet.

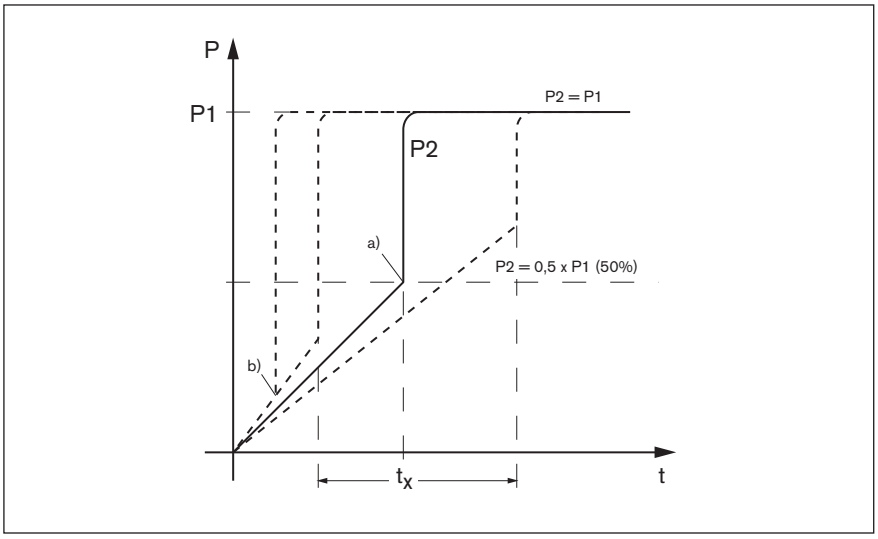


Abb. 29 Kennlinie Befüllventil SVV mit elektrischer Vorrangschaltung (P2 = Ausgangsdruck, t_x = Befüllzeit einstellbar, a = Schaltpunkt, b = elektrisch ausgelöster Schaltpunkt

2.18 Verteiler

Ein Verteiler dient zum Verteilen der Druckluft. Er ermöglicht zudem den Anschluss eines Druckschalters. Abhängig von der Serie sind Varianten mit unterschiedlicher Anzahl an Luftanschlüssen verfügbar.

2.19 Rückschlagventil

Zwischen Filter und Öler montiert verhindert ein Rückschlagventil, dass bei Druckabfall vor der Wartungseinheit geölte Luft rückwärts in die Luftfilter gelangt.

Die Abbildung links und die Diagramme zeigen die Serie AS3.

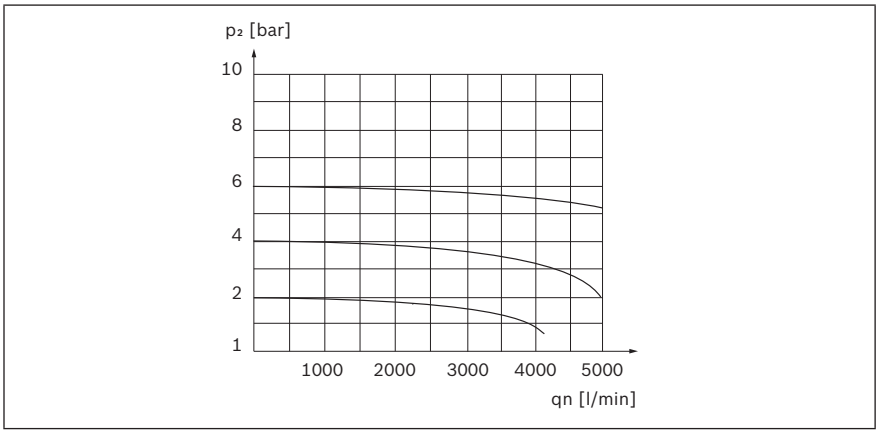


Abb. 30 Serie AS3, Nenndurchfluss 1->2

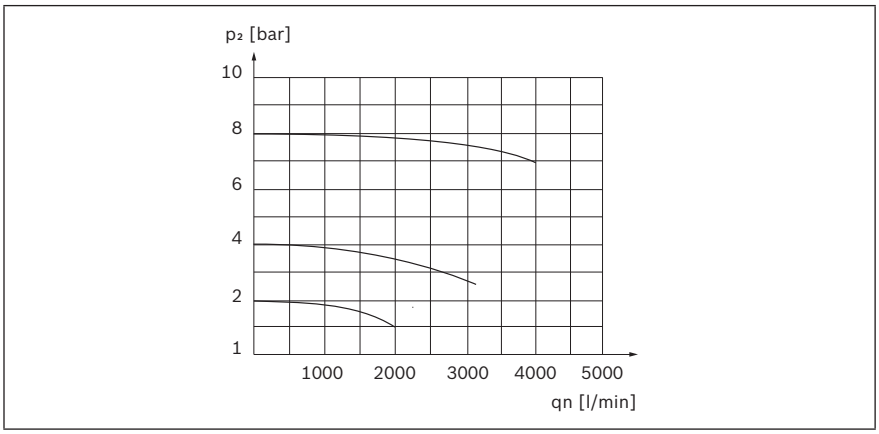
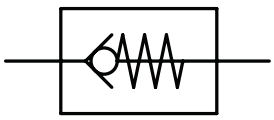


Abb. 31 Serie AS3, Nenndurchfluss 1->3



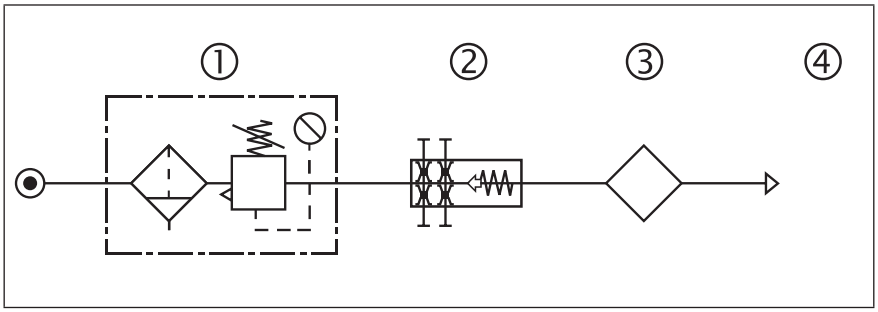


Abb. 32 Beispiel Verwendung und Einbau Verteiler mit Rückschlagventil

1 Filterdruckregler
2 Rückschlagventil
3 Öler
4 Druckluft

3 Produkte

3.1 Produktübersicht

Vom einfachen Standard bis zu anwenderspezifischen Lösungen mit höchsten Anforderungen an die Druckluftqualität. Zur Druckluftaufbereitung stehen die Serien AS, NL, PR1, MH1 und MU1 zur Verfügung.

	Serie	Nenndurchfluss	Anschlüsse	Filter-porenweite	Baubreite Komponenten
	AS1[1)]	1000 l/m	G 1/4	0,01 – 5 µm	43 mm
	AS2[1)]	2200 – 2700 l/m	G 1/4 – G 3/8 1/4 NPT – 3/8 NPT	0,01 – 40 µm	52 mm
	AS3[1)]	1600 – 5200 l/m	G 3/8 – G 1/2 3/8 – 1/2 NPT	0,01 – 40 µm	63 mm
	AS5[1)]	14500 l/m	G 3/4 – G 1 3/4 NPT – 1 NPT	0,01 – 40 µm	85 mm
	NL1[1)]	1000 l/m	G 1/8 – G 1/4	0,01 – 5 µm	40 mm
	NL2	1500 – 2000 l/m	G 1/4 – G 3/8	0,01 – 40 µm	45 mm
	NL4[1)]	5600 – 6000 l/m	G 1/2 – G 3/4	0,01 – 40 µm	66 mm
	NL6[1)]	12500 l/m	G 3/4 – G 1	0,01 – 40 µm	100 mm
	PR1	480 – 5600 l/m	G 1/4 – G 1/2	10 µm	—
	MH1	510 – 3000 l/m	G 1/4 – G 1/2	0,01 – 5 µm	35,8 mm
	MU1	300 – 50000 l/m	G 1/2 – G 2	8 – 60 µm	—

[1)] Auch mit Aktivkohlefilter erhältlich

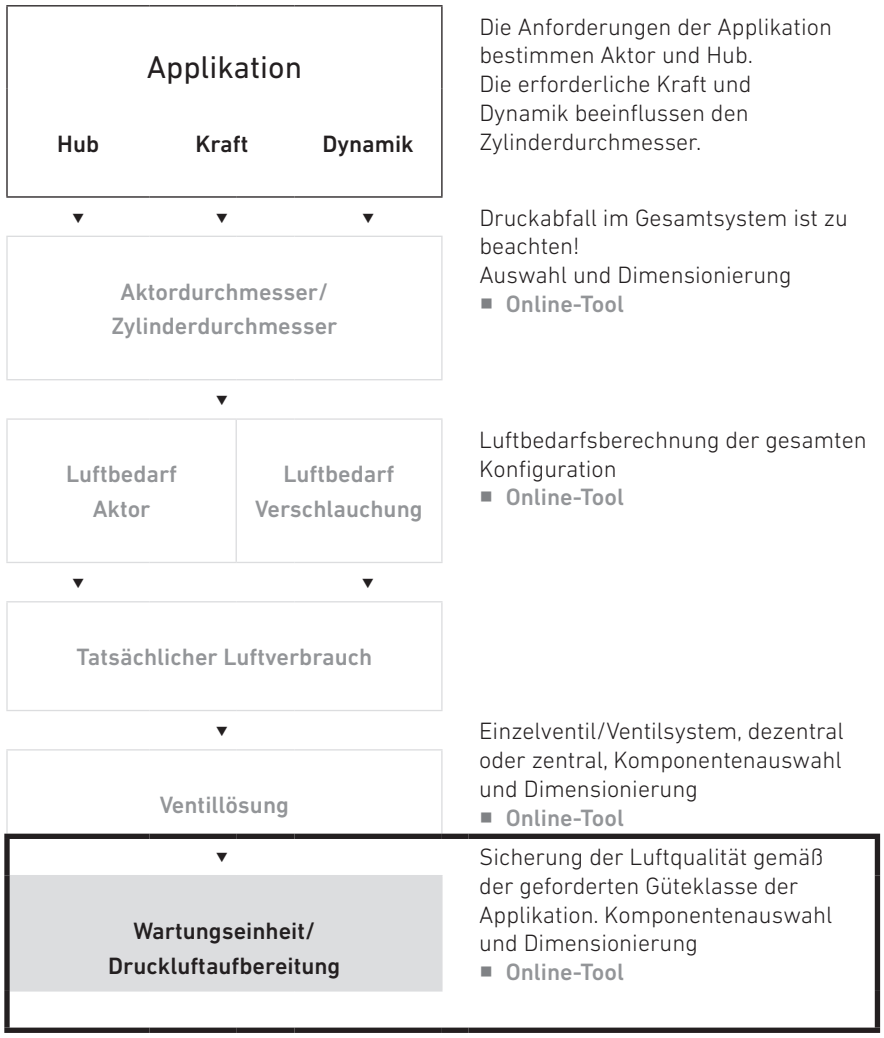
Tab. 11 Serien und technische Daten im Vergleich

3.2 Produktauswahl

Einzelne Geräte können im Baukastensystem modular zusammengestellt werden. Die Einzelgeräte können innerhalb einer Baureihe und Gewindeanschlussgröße kombiniert werden.

3.2.1 Allgemeines Vorgehen bei der Auswahl der Komponenten zur Druckluftaufbereitung

Im Rahmen der Gesamtplanung Ihrer Anlage stellt sich die Frage nach der geeigneten Druckluftaufbereitung ganz am Ende.



Hinweis Entscheidend ist hierbei die benötigte Druckluftqualität nach ISO 8573-1 2010!

3.2.2 Auswahl der geeigneten Serie nach allgemeinem Anforderungsprofil

Je nach Anforderungsprofil zeigen die einzelnen Serien Ihre Stärken.

Serie Anforderung	AS	NL	MU	PR
Funktionalität	++	++	+	+
Komponentenvielfalt	++	++	– –	– –
Modularität	++	++	– –	– –
Durchfluss	++	+	++	o
Robustheit	+	++	++	+
Geringes Gewicht	++	–	– –	–
Servicefreundlichkeit	++	+	+	+
Temperaturbereich	+	++	++	+
Modernes Design	++	o	–	o
Energieeffizienz	++	+	o	++

Tab. 12 Auswahlmatrix für Serien AS, NL, MU und PR

++ sehr empfohlen
+ empfohlen
o geeignet
– weniger geeignet
– – nicht geeignet

Hinweis

Die hier nicht aufgeführte Serie MH1 ist vor allem für den Einsatz in Bereichen konzipiert, in denen in Bezug auf Korrosionsbeständigkeit und Hygiene hohe Anforderungen gestellt werden (siehe „3.2.7 Serie MH1“).

3.2.3 Maximal erreichbare Druckluftklassen

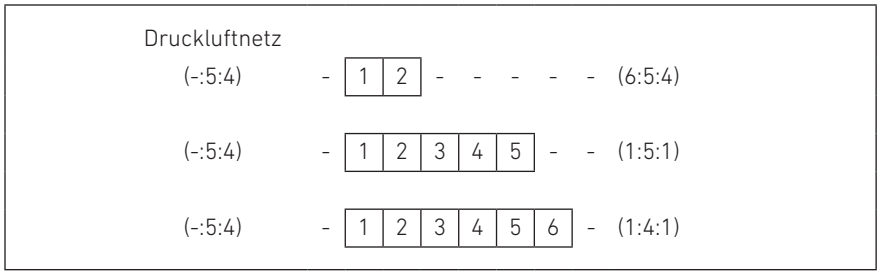
In der folgenden Tabelle sind die maximal erreichbaren Druckluftklassen bezogen auf die gemäß ISO 8573-1 2010 betrachteten Luftinhaltsstoffe aufgeführt.

Filter	Feste Verunreinigungen	Feuchtigkeit (dampfförmig)	Gesamtölgehalt	Steril
40 µm	7 : – : –	– : 7 : –		
25 µm	7 : – : –	– : 7 : –		
5 µm	6 : – : –	– : 7 : –		
0,3 µm	2 : – : –		– : – : 3	
0,01 µm	1 : – : –		– : – : 2	
Aktivkohlefilter			– : – : 1	Ja
Membrantrockner		– : 2 : –		

Tab. 13 Maximal erreichbare Druckluftklassen mit Filter- und Trocknereinheiten

Beispiel Rahmenbedingungen:

- Drucklufterzeugung mit Kältetrockner - Drucktaupunkt ca. 3°C
- Druckluftqualitätsklasse aus Drucklufterzeugung (- : 5 : 4)



1 Einschaltventil
2 Filterregler 5 µm
3 Vorfilter 0,3 µm
4 Feinstfilter 0,01 µm
5 Aktivkohlefilter
6 Membrantrockner

Hinweis

Beim Einsatz von Membrantrocknern ist der Drucktaupunkt und die Druckluftklasse aus dem Druckluftnetz (Erzeuger) entscheidend.

Mit Membrantrockner ist eine Absenkung von max. 20 °C möglich.

Eine funktionierende Aufbereitung der Druckluft ist abhängig von folgenden Maßnahmen:

- Geeignete Anordnung der Filter in Bezug auf die jeweilige Anwendung
- Regelmäßige Wechselintervalle der Filterelemente

Wartungseinheit / Komponente	Resultierende Klasse nach ISO 8573-1 2010			
	Feste Verunreinigungen	Feuchtigkeit (dampfförmig)	Gesamtölgehalt	Steril
Serie AS				
Wartungseinheit 2-teilig	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Wartungseinheit 3-teilig	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Filterdruckregelventil				
• 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• 25 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Filter				
• 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• 25 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Feinfilter, 0,3 µm	2 : – : –	– [1)]	– : – : 3	
Feinstfilter, 0,01 µm	1 : – : –	– [1)]	– : – : 2	
Aktivkohlefilter	– [1)]	– [1)]	– : – : 1	Ja
Membrantrockner	– [1)]	– : 2 : –	– [1)]	
Serie NL				
Wartungseinheit 2-teilig	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Wartungseinheit 3-teilig	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Wartungseinheit 4-teilig	1 : – : –	– [1)]	– : – : 2	
Filter				
• NL 1 – NL 4 = 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• NL 6 = 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Feinfilter, 0,3 µm	2 : – : –	– [1)]	– : – : 3	
Feinstfilter, 0,01 µm	1 : – : –	– [1)]	– : – : 2	
Aktivkohlefilter	– [1)]	– [1)]	– : – : 1	Ja
Filterdruckregelventil				
• NL1 – NL4, 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• NL6, 8 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• NL5, 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Serie PR1				
Präzisionsfilterdruckregler, Filterporenweite 10 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Serie MU1				
Filterdruckregelventil, 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Filter				
• 40 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
• 8 – 60 µm	7 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Serie MH1				
Filterdruckregelventil, 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Filter, 5 µm	6 : – : –	– : 7 : –	– [1)]	
Feinstfilter, 0,01 µm	1 : – : –	– : – : 2	– [1)]	
Aktivkohlefilter	– [1)]	– [1)]	– : – : 1	Ja

[1)]Klasse wird nicht durch Komponente beeinflusst

Bezugsbedingungen: 1 bar absolut, 20 °C, 0 % r.F.

Tab. 14 Übersicht der erreichbaren Druckluftklassen mit den Wartungseinheiten und Komponenten von AVENTICS

3.2.4 Serie AS

	Serie	Durchfluss [l/min]	Baubreite [mm]
	AS1	1.000	43
	AS2	2.600	52
	AS3	4.500	63
	AS5	14.500	85

Tab. 15 Übersicht Serie AS

Die Wartungseinheiten der AS-Familie ermöglichen neben den Standardfunktionen Filtern, Regeln und Ölen auch die Integration weiterer Funktionseinheiten wie Absperrventile, Befüllventile, Verteiler und Rückschlagventile. Die Komponenten sind miteinander kombinierbar und ermöglichen so die bestmögliche Lösung zur Druckluftaufbereitung für das jeweilige Pneumatiksystem.

Eigenschaften

- Arbeitsbereich bis zu einem Durchfluss von 14.500 Nl/min
- Kleine Verblockungsbreiten
- Leicht und robust durch die Verwendung hochwertiger Kunststoffe
- Hohe Leistungsdaten und hohe Flexibilität
- Optimierte Kondensatablassventile sorgen für erhöhte Energieeffizienz
- Erleichterter Austausch einzelner Elemente und nachträgliche Erweiterung (auch in eingebautem Zustand) möglich
- Mit ATEX-Ausrüstung auch in explosionsgefährdeten Bereichen einsetzbar
- Reduzierter Montage- und Wartungsaufwand
- Modulares Konzept ermöglicht individuelle, branchenspezifische Konfiguration

Einzelkomponenten und Funktionen

- Halb- oder vollautomatische Kondensatablassventile
- Abgestimmte Filterfeinheiten für alle Einsätze
- Verschmutzungsanzeige für Vor- und Feinstfilter
- Patentiertes System zur halbautomatischen Ölbefüllung
- Füllstandskontrolle für Öl
- Behälter aus transparentem Kunststoff PC mit Schutzkorb aus PA als Standard
- Einfaches Lösen der Behälter über Bajonettverschluss
- Große Inspektionsfenster
- Behälter aus Metall mit Schauglas optional
- Glatte Oberflächen, reinigungsbeständige Kunststoffe
- ATEX-Zulassung

Einzelne Geräte können im Baukastensystem modular zusammengestellt werden. Die Kombination der Seriengrößen mit Adapterplatten ist beliebig möglich.

	AS1	AS2		AS3		AS5	
	G 1/4	G 1/4	G 3/8	G 3/8	G 1/2	G 3/4	G 1
Wartungseinheit 2-teilig	●	●	●	●	●	●	●
Wartungseinheit 3-teilig	●	●	●	●	●	●	●
Druckregelventil	●	●	●	●	●	●	●
• mit E11-Schließung	●	●	–	–	●	–	–
• mit durchgehender Druckversorgung	●	●	●	●	●	–	–
Filter-Druckregelventil – 5 µm	●	●	●	●	●	●	●
• 25 µm	–	●	●	–	●	●	●
• 40 µm	–	●	●	●	●	●	●
• mit E11-Schließung	●	●	–	–	●	–	–
Präzisions-Druckregelventil	–	●	●	●	●	–	–
• mit E11-Schließung	–	●	–	–	●	–	–
• mit durchgehender Druckversorgung	–	●	●	●	●	–	–
Filter – 5 µm	●	●	●	●	●	●	●
• 25 µm	–	●	–	–	●	●	●
• 40 µm	–	●	●	●	●	●	●
Feinfilter, 0,3 µm	●	●	●	●	●	●	●
Feinstfilter, 0,1 µm	●	●	●	●	●	●	●
Aktivkohlefilter	●	●	●	●	●	●	●
Membrantrockner	–	–	●	–	●	–	–
Micro-Öler	●	–	–	–	–	–	–
Nebelöler	–	●	●	●	●	●	●
Befülleinheit	●	●	●	●	●	●	●
• mit elektrischer Vorrangschaltung	–	●	–	–	●	–	●
3/2-Wegeventil	●	●	●	●	●	●	●
• mit Schaltstellungsüberwachung	–	–	–	●	●	–	–
• elektrischer Anschluss: M12x1	–	–	–	–	–	–	●
3/2-Absperrventil	●	●	●	●	●	●	●
Befüllventil	●	●	●	●	●	●	●
• Füllzeit und Umschaltdruck einstellbar	–	●	–	●	●	–	–
• mit elektrischer Vorrangschaltung	–	●	–	●	●	●	●
Verteiler	●	●	●	●	●	●	●
• Mitteneinspeisung	–	●	–	–	●	–	–

● = Anschluss, – = kein Anschluss

Tab. 16 Kombinationsmöglichkeiten für die Serie AS

3.2.5 Serie NL

	Serie	Durchfluss [l/min]	Baubreite [mm]
	NL1	600	40
	NL2	1.500	45
	Nl4	5.600	66
	NL6	12.500	100

Tab. 17 Übersicht Serie NL

Die NL-Familie bietet ein Wartungsgeräte-Konzept mit hoher Flexibilität und Modularität in besonders robuster Ausführung. Die Geräte kommen auch mit schwierigsten Umfeldbedingungen zurecht und arbeiten zuverlässig und präzise.

Eigenschaften

- Die Wartungseinheiten der Serie NL decken den gesamten Arbeitsbereich bis zu einem Durchfluss von 11.000 Nl/min ab.
- Robuste Ausführung der Komponenten mit langer Lebensdauer
- Gewindeanschlüsse von 1/8- bis zu 1" möglich
- Filterkomponenten bis zu einer Feinheit von 0,01 µm erhältlich
- Nenndruck bis zu 16 bar realisierbar
- Problemlose Montage unter allen Einbaubedingungen
- Kondensatablass, manuell, halb- oder vollautomatisch

Einzelkomponenten und Funktionen

- Komponenten wahlweise mit durchsichtigen Behältern aus Kunststoff oder Metallbehältern ausrüstbar
- Bajonettverschlüsse für leichte Handhabung
- Differenzdruckanzeige bei Feinfiltern

Einzelne Geräte können im Baukastensystem modular zusammengestellt und innerhalb einer Baureihe und Gewindeanschlussgröße beliebig kombiniert werden. Zusätzlich können folgende Gewindeanschlussgrößen der Baureihen NL2 oder NL4 kombiniert werden:

3.2.6 Serie PR1

Die Präzisionsdruckregler der Serie PR1 sind für Applikationen, die sehr schnelle Reaktionen bei geringsten Druckluftschwankungen erfordern.

Sie lassen sich exakt einstellen und sind eine gute Alternative zu elektronischen Druckreglern.

Präzisionsdruckregelventil PR1

	Serie	G 1/4	G 3/8	G 1/2
	Präzisions-Druckregelventil, mechanisch			
	• 480 l/m	●	–	–
	• 3000 l/m	●	–	–
	• 5600 l/m	●	●	●
	Präzisions-Druckregelventil, pneumatisch			
	• 5600 l/m	–	–	●
	• 5600 l/m, kältebeständig	–	●	●
	Präzisionsfilterdruckregler	●	–	–

Tab. 18 Anschlussgrößen für PR1

Mechanisch betätigt

Beim PR1 handelt es sich um einen Präzisionsdruckregelventil mit Eigenluftverbrauch.

Der Regler hat ein metallisches Lager, welches den Vorteil bietet, dass es keine Losbrechmomente aus einer Dichtung gibt. Damit wird, im Gegensatz zu anderen Reglern, eine Anfangsschwankung der Durchflusskennlinie vermieden. Ein Nachteil der metallischen Dichtung ist der dadurch resultierende Eigenluftverbrauch.

Der Regler besteht eigentlich aus zwei Reglern. Anstatt einer starken Feder mit einem sehr großen Handrad über der unteren Membran wird ein weiterer Regler über diese Membran verbaut, der die Steuerluft auf diese Membran regelt.

Durch diese Bauweise wird die Kraft am Handrad reduziert und es kann eine relativ kleine Regelfeder mit kleinem Handrad verwendet werden, die den Druck auf die Hauptmembran weitergibt. So sind Regler mit großer Regelfläche auch mit kleinen Kräften regelbar. Dieser Regler kann mit zwei Fingern sehr fein eingestellt werden.

Er weist folgende Eigenschaften auf:

- sehr geringe Hysterese
- sehr geringer Druckverlust bei Durchfluss
- Sekundärentlüftungssitz metallisch dichtend, dadurch frühzeitiges Öffnen der Sekundärentlüftung bei Druckanstieg an p_2
- hohe Sekundärentlüftungskapazität

Pneumatisch betätigt

Merkmale der pneumatisch betätigten Version:

- Schnelles Entlüften von p_2, wenn p_1 weggeschaltet wird
- Sehr gute Ansprechempfindlichkeit der Sekundärentlüftung (≤ 10 mbar)
- Gefasste Abluft über R-Anschluss G 3/8 (NW 6 mm)
- Verschiedenartige Reglerbetätigung möglich:
  - rein pneumatisch
  - pneumatisch und manuelle Feineinstellung (+ 1 bar)
  - pneumatisch und manuelle Einstellung (+ 6 bar)

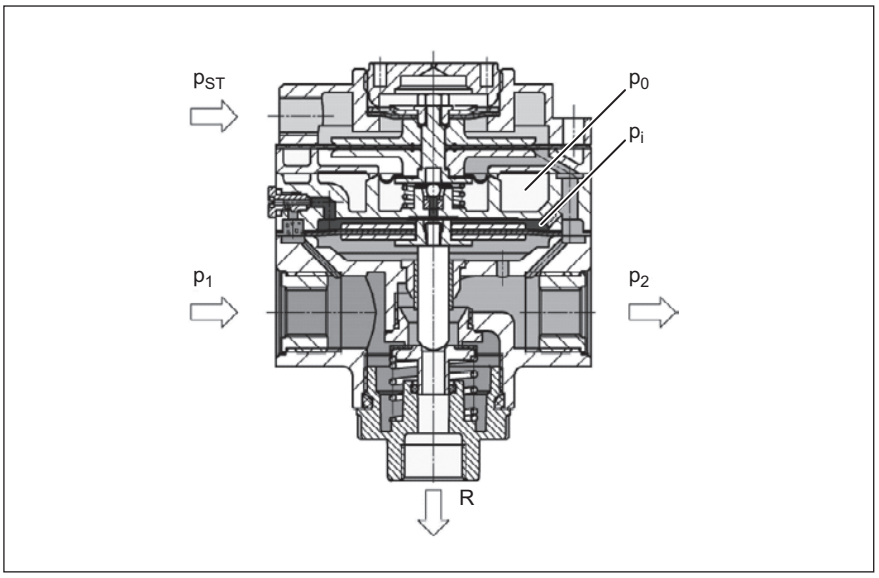


Abb. 33 Präzisionsdruckregelventil pneumatisch betätigt

p_0 Umgebungsdruck
p_1 Eingangsdruck
p_2 Ausgangsdruck
p_{ST} Steuerdruck
p_i Pilotdruck
R gefasste Abluft

Komponente	Funktion	Nenndurchfluss Qn bei p_1 = 6,3 bar und Δp = 1 bar [l/min]	Druck (min./max.)		Filter-porenweite [µm]	Tempe-raturbereich (min./max.) [°C]
			Regelbereich [bar]	Betrieb [bar]		
Präzisionsdruckregelventil - 380, mechanisch - 480, mechanisch - 450–1000, mechanisch - 2200–6500, mechanisch - 5600, pneumatisch	Druck regeln	- 380 - 480 - 450–1000 - 2200–6500 - 5600	0,1/4 oder 8	0,5/12		-10/ +60
- 5600, pneumatisch, kältebeständig		- 5600	0,05 oder 10	0,5/16		-35/ +60
Präzisionsfilterdruckregler	Filtern, Druck regeln	750	0,1/2 oder 0,2/5	0,2 /16	10	-10/ +60

Tab. 19 Serie PR1 Parameterübersicht

3.2.7 Serie MH1

Eigenschaften

- Hohe Korrosionsbeständigkeit (Ausführung in Edelstahl 316 SS (V4A))
- Robuste Ausführung
- Druckregelventile für Standard- und Spezialbedingungen (z. B. hygienisch sensible Bereichen) erhältlich
- Sekundärentlüftung mit Gewindeanschluss M5 an Druckregelventilen
- Ausstattung mit NBR-Dichtungen (Acrylnitril-Butadien-Kautschuk)
- Wartungsfreundliche vollautomatische Ausführung des Kondensatablasses bei Filtern und Filterdruckregelventil
- Verwendung von Spezialfetten (NSF H1 zertifiziert, Zulassung für die Bereiche Nahrungsmittel und Getränke)

Einsatz

- Anwendungen in korrosionsgefährdeter Umgebung (z. B. Chemische Industrie, Emissionsschutz, Klärwerke, Waschstraßen, Druck & Papier)
- Für Einsatz in der Ölindustrie geeignet (erfüllen Vorgaben NACE-MR0175 / ISO 15156
- Ausführung RGS Hygienic für Einsatz in hygienisch sensiblen Bereichen:
  - Nahrungsmittel / Getränkeindustrie / Molkereien
  - Lebensmittelbereich (nur Druckregelventil "Hygienic")
  - Für Nassbereiche der Nahrungsmittelindustrie geeignet (ausgelegt nach Richtlinien EHEDG)

			G 1/4	1/4 NPT	G 1/2	1/2 NPT
	Druckregelventil	Standard	●	●	●	●
		Hygienic	●		●	
	Filterdruckregler		●		●	
	Filter		●		●	

Tab. 20 Anschlussgrößen für MH1 Komponenten

Komponente	Funktion	Nenndurchfluss Qn bei p_1 = 6,3 bar und Δp = 1 bar [l/min]	Druck (Min./Max.)		Filter-porenweite [µm]	Temperatur-bereich (min./max.) [°C]
			Regelbereich [bar]	Betrieb [bar]		
Druckregelventil	Druck regeln	325–2000	0,5/9	0,5/17		-30/ +80
Filterdruckregelventil	Filtern, Druck regeln	170–2000			5	
Filter	Filtern	850–3800				
Feinstfilter	Filtern	170–680			0,01	
Aktivkohlefilter	Filtern/Adsorbieren	170–680		0/17	< 0,01	

Tab. 21 Serie MH1 Parameterübersicht

3.2.8 Serie MU1

Die Komponenten der Serie MU1 kommen immer dann zum Einsatz, wenn es um Anwendungen in rauher Umgebung in Verbindung mit großen Abmessungen bzw. Gewindeanschlüssen und große Durchflüsse geht.

Mit maximalen Anschlüssen G2 (2") können Sie einen Druckluftdurchfluss von bis zu 25.000 l/min sicher und zuverlässig filtern, regeln und ölen.

	Serie	Betätigung	Durchfluss [l/min]	Anschlüsse
	Druckregelventil	mechanisch	450	G 1/8, G 1/4
		mechanisch	5.000	G 1/2, G 1
	Druckregelventil	pneumatisch	5.500	G 1/2
		pneumatisch	15.000 –50.000	G 1/4, G 1, G 2

Tab. 22 Übersicht Serie MU1

Die Serie MH1 umfasst folgende Komponenten zur Druckluftaufbereitung:

- Druckregelventil
- Filterdruckregelventil (40 µm, 8–60 µm)
- Filter
- Normal-Nebeloler, Druckbegrenzungsventil, Olabscheider, Kondensatabscheider

3.3 Zubehör

Hinweise zu den weiteren Komponenten finden Sie im Online-Katalog unter http://www.aventics.com/pneumatics-catalog.

3.4 Produktdetails

Die vom Kompressor gelieferte Druckluft ist qualitativ nicht definiert. Für die vorgesehene Verwendung ist aus wirtschaftlichen Überlegungen die Luft so gut wie erforderlich aufzubereiten. Für die einzelnen Aufbereitungsschritte und Qualitätsstufen gibt es folgende Geräteserien:

4 Anwendungen

4.1 Befüllen einer Anlage

Anforderungen Bei der Inbetriebnahme einer komplexen Anlage ist es häufig aus Sicherheitsgründen angebracht, die Anlage langsam zu befüllen.

Lösung Für diesen Vorgang erweitert man die Wartungseinheit um ein Befüllventil und ein 3/2-Absperrventil.

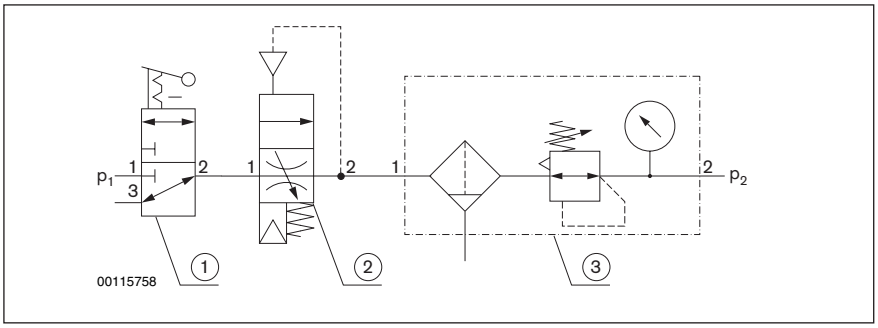


Abb. 34 Variante 1: Befüllventil ist der Wartungseinheit vorgeschaltet

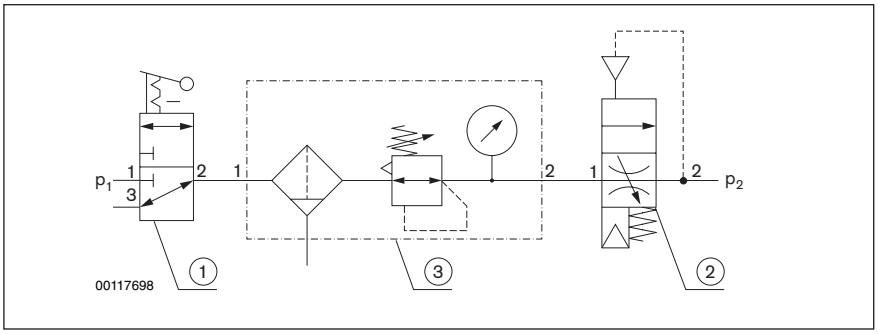


Abb. 35 Variante 2: Befüllventil ist der Wartungseinheit nachgeschaltet

p_1 Ölfreies Betriebsdrucknetz
p_2 Geöltes Druckluftnetz „Anlage"

1 3/2-Absperrventil
2 Befüllventil
3 Wartungseinheit

4.2 Entlüften einer Anlage

4.2.1 Wartungseinheit mit Öler

Anforderung/Aufgabe Beim Entlüften der Anlage über die Wartungseinheit mit Öler kann das im Behälter befindliche Öl gefördert werden und in das ölfreie Betriebsdrucknetz p_1 bzw. in die Umwelt gelangen. Dies soll verhindert werden.

Lösung Ein nach dem Öler installiertes 3/2-Absperrventil, über das die Anlage entlüftet wird, mindert dieses Risiko.

Aufbau

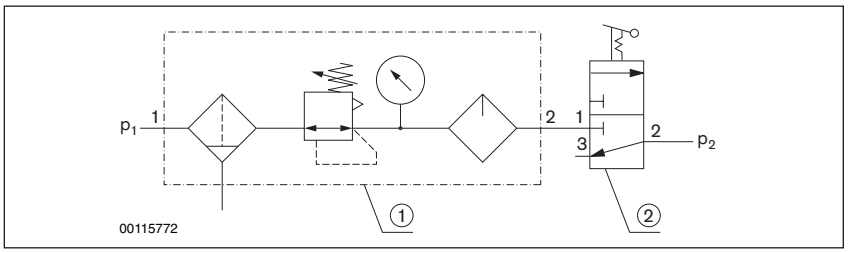


Abb. 36 Absperrventil ist nach dem Öler installiert

- p_1 Ölfreies Betriebsdrucknetz
- p_2 Geöltes Druckluftnetz „Anlage“
- 1 Wartungseinheit mit Öler
- 2 3/2-Absperrventil

4.2.2 Schnellentlüftung

Anforderung/Aufgabe Die Entlüftung der Anlage soll bei NOT-AUS-Schaltung automatisch erfolgen.

Lösung Die Anlage wird über das Schnellentlüftungsventil „NOT-AUS“ komplett entlüftet.

Aufbau

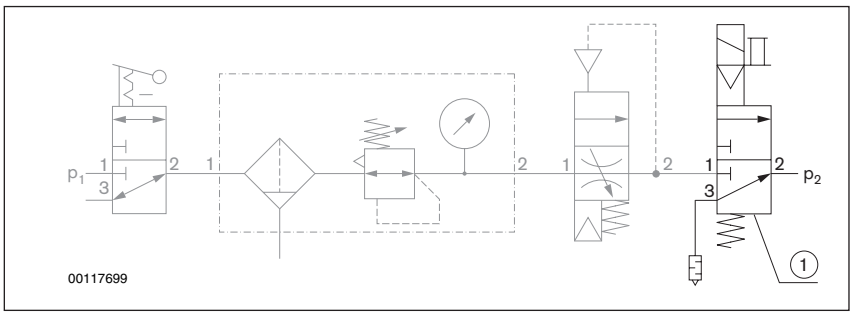


Abb. 37 Entlüftung über Schnellentlüftungsventil

- p_1 Ölfreies Betriebsdrucknetz
- p_2 Geöltes Druckluftnetz „Anlage“
- 1 NOT-AUS Schnellentlüftungsventil (3/2-Wegeventil)

4.3 Netze mit verschieden gefilterter Druckluft

Anforderung/Aufgabe

Es wird Druckluft mit unterschiedlichem Partikelreinheitsgrad innerhalb des pneumatischen Systems benötigt.

Lösung

Filter mit steigendem Abscheidegrad werden mit Verteilern verbunden in Reihe geschaltet. An den Verteilern kann man die Druckluft in der gewählten Filterstufe entnehmen und dem Verbraucher zuführen.

Aufbau

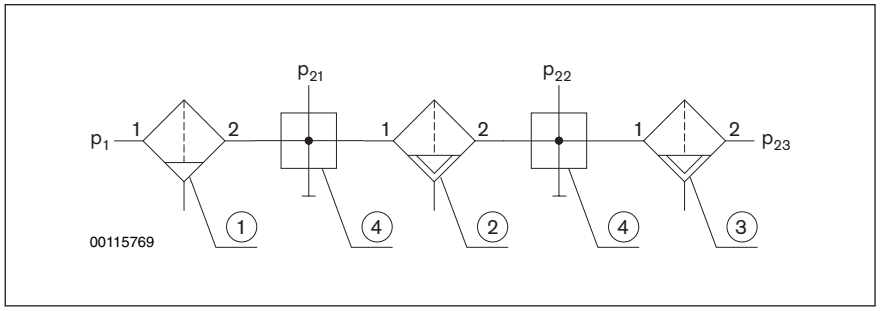


Abb. 38 Stufenweise Partikelabscheidung mit einer Filterkaskade

p_1 Betriebsdrucknetz
p_{21} Druckluftnetz < 5 µm (NL 1 bis NL 4) oder < 40 µm (NL 6)
p_{22} Druckluftnetz < 0,3 µm
p_{23} Druckluftnetz < 0,01 µm
1 Filter
2 Feinfilter
3 Feinstfilter
4 Verteiler

4.4 Netze mit unterschiedlichen Drücken

Anforderung/Aufgabe

Es wird Druckluft mit unterschiedlichen Drücken innerhalb des pneumatischen Systems benötigt.

Lösung

Druckregelventile können parallel in der Betriebsdruckleitung installiert werden. Die gemeinsame Zuleitung sollte ausreichend dimensioniert sein, damit der Betriebsdruck p_1 nicht zu sehr schwankt.

Bei Verwendung von Druckregelventilen mit durchgehender Druckversorgung sollte nach jedem dritten Druckregelventil eine separate Einspeisung des Betriebsdrucks p_1 erfolgen.

Aufbau

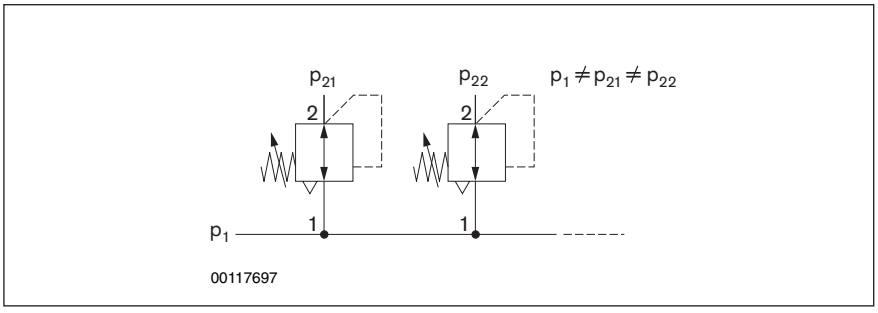


Abb. 39 Stufenweise Partikelabscheidung mit einer Filterkaskade

p_1 Ölfreies Betriebsdrucknetz
p_{21}, p_{22} Ölfreie Druckluftnetze

4.5 Netze mit unterschiedlichem Ölgehalt

Anforderung/Aufgabe Es wird Druckluft mit unterschiedlichem Ölgehalt innerhalb des pneumatischen Systems benötigt.

Lösung Öler können in parallelen Kreisen eingebunden werden und auf die Erfordernisse eingestellt und befüllt sein.

Aufbau

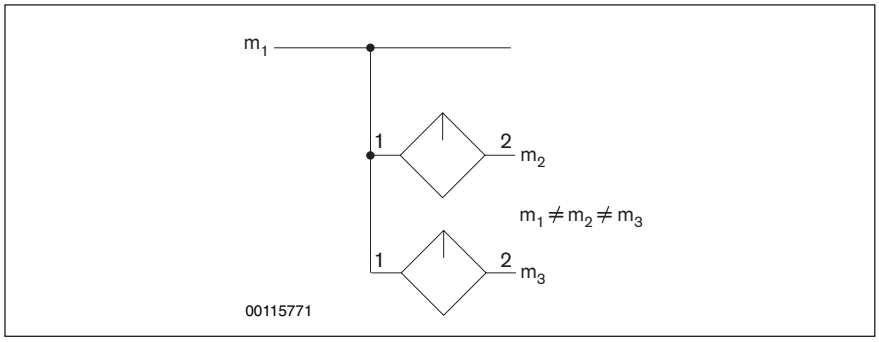
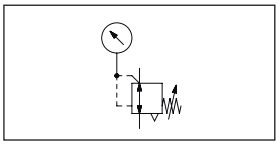


Abb. 40 Parallelschaltung von Ölern

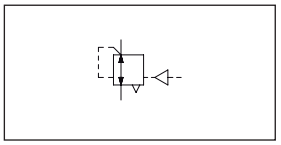
m_1 Ölfreies Betriebsdrucknetz

m_2, m_3 Geöltes Druckluftnetz

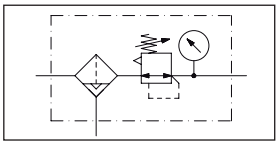
4.6 Schaltsymbole Druckluftaufbereitung



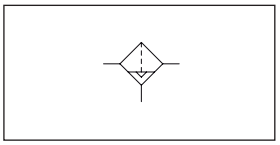
Druckregelventil, mechanisch



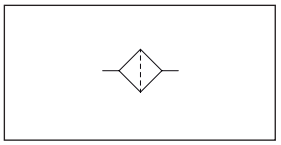
Druckregelventil, pneumatisch



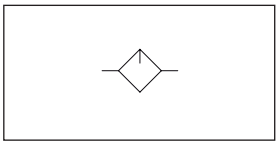
Filterdruckregelventil



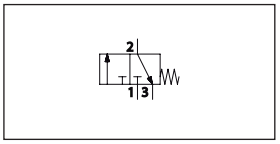
Filter



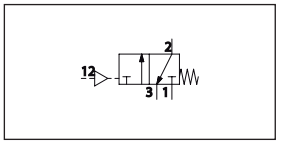
Aktivkohlefilter



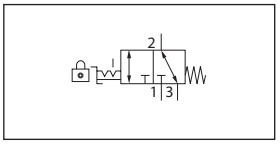
Öler



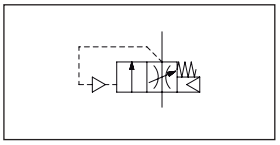
3/2-Wegeventil, elektrisch betätigt



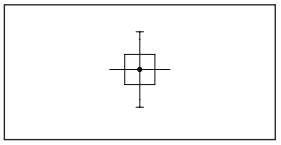
3/2-Wegeventil, pneumatisch betätigt



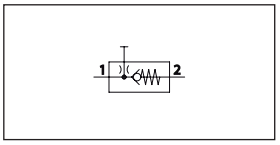
3/2-Absperrventil, mechanisch betätigt



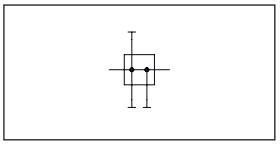
Befüllventil, pneumatisch betätigt



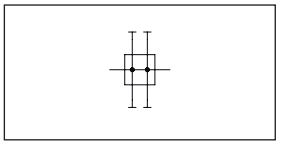
Verteiler, 2fach



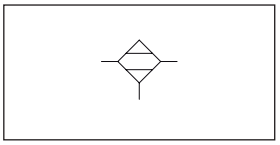
Verteiler, 2fach als Rückschlagventil



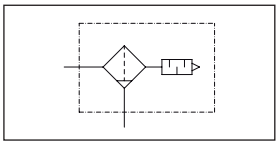
Verteiler, 3fach



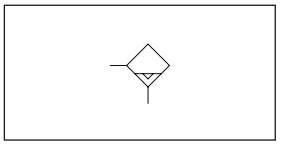
Verteiler, 4fach



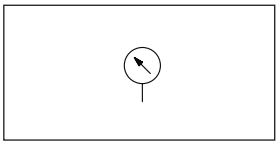
Membrantrockner



Ölabscheider

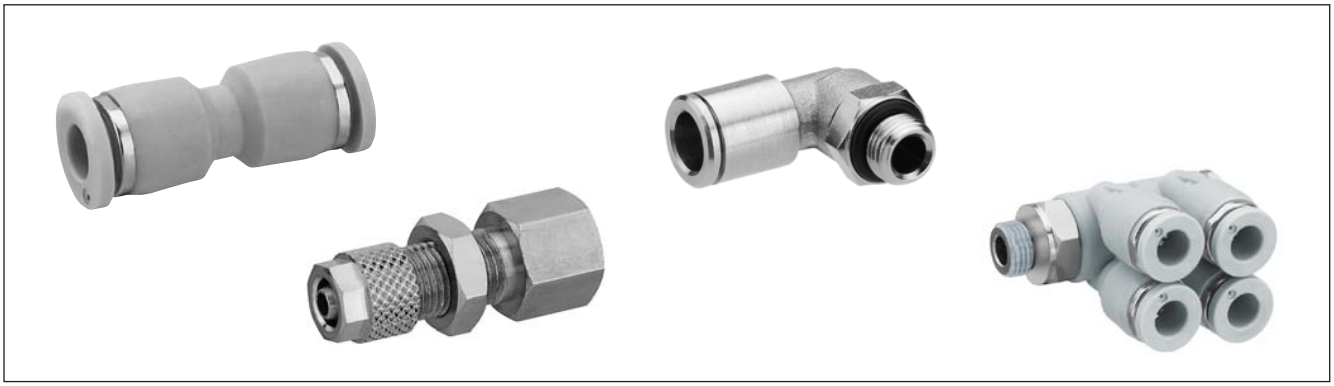


Kondensatabscheider



Manometer

IX Pneumatische Verbindungstechnik



1	**Einführung**	**226**
2	**Technische Grundlagen**	**226**
2.1	Verschraubungen mit Steckanschluss	226
2.2	Verschraubungen mit Überwurfmutter	227
2.3	Druckluftschlauch montieren und demontieren	228
2.3.1	Montage	228
2.3.2	Demontage	228
2.4	Beständigkeit von Kunststoff- und Dichtungsmaterialien	228
2.5	Produktauswahl	229
2.5.1	Auswahl der geeigneten Serie nach allgemeinem Anforderungsprofil	229
3	**Produkte**	**229**
3.1	Produktübersicht pneumatische Verbindungstechnik	229
3.2	Serie QR1 Mini und Standard	231
3.3	Serie QR2 Standard, Edelstahl und Wärmebeständig	232
3.4	Kombination von Serie QR1 und Serie QR2	233
3.5	Serie NU1 und Serie NU2	233
3.5.1	Verschraubungen mit Überwurfmutter	234
3.6	Druckluftschläuche	235
3.6.1	Produktübersicht Druckluftschläuche	237
3.7	Kupplungen, Serie CP1	238

1 Einführung

Unter pneumatischer Verbindungstechnik versteht man das Zusammensetzen und Verbinden pneumatischer Komponenten. In der Regel ist dies eine Verschraubung, verbunden mit einem Schlauch. Diese Verbindungen können jederzeit wieder gelöst werden.

Grundtypen sind Verschraubungen mit Steckanschluss und Verschraubungen mit Überwurfmutter.

Zur Realisierung optimaler Verschlauchung und Verbindungen zwischen den Systemteilnehmern innerhalb eines pneumatischen Systems stehen folgende Komponenten zur Verfügung:

- Verschraubungen mit Steckanschlüssen
- Verschraubungen mit Überwurfmuttern
- Kupplungen

2 Technische Grundlagen

2.1 Verschraubungen mit Steckanschluss

Verschraubungen mit Steckanschluss halten den Druckluftschlauch über eine Zahnscheibe. Die Abdichtung erfolgt über einen O-Ring oder eine Formdichtung.

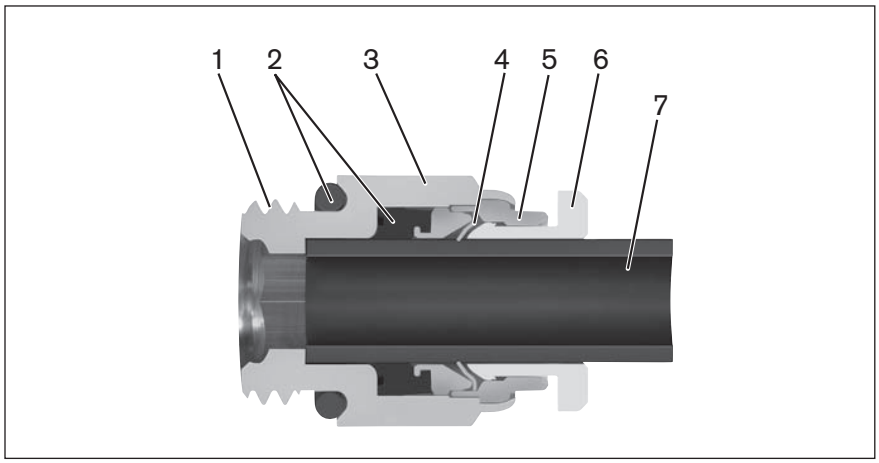


Abb. 1 Aufbau Steckanschluss, Beispiel Serie QR1

1 Gewinde
2 Dichtung
3 Gehäuse
4 Zahnscheibe
5 Lösering Aufnahme
6 Lösering
7 Druckluftschlauch

2.2 Verschraubungen mit Überwurfmutter

Nach Herstellen des Kraftschlusses (Reibschluss) zwischen Schlauch und Nippel der Verschraubung (Schieben des Schlauches über den Nippel) wird der Druckluftschlauch zusätzlich durch Klemmen oder Pressen mit einer Überwurfmutter fixiert.

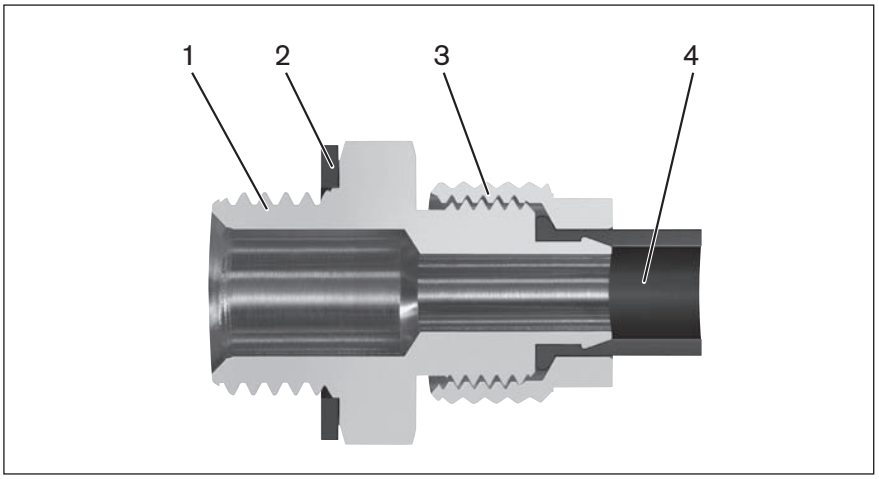


Abb. 2 Aufbau Steckanschluss, Beispiel Serie NU2

1 Gehäuse
2 Dichtung
3 Überwurfmutter
4 Druckluftschlauch

2.3 Druckluftschlauch montieren und demontieren

Hinweis: Steckanschlüsse sind für einen dauerhaften Anschluss vorgesehen. Sie können jedoch ohne Verschlechterung der Haltekraft mehrmals ein- und ausgebaut werden.

2.3.1 Montage

Verschraubungen mit Steckanschluss	Verschraubungen mit Überwurfmutter
1. Schneiden Sie den Druckluftschlauch rechtwinklig ab.	
2. Prüfen Sie die Schnittfläche des Druckluftschlauchs auf Beschädigungen.	
3. Entgraten Sie die Kanten und entfernen Sie alle Verunreinigungen.	
4. Schieben Sie den Druckluftschlauch vorsichtig bis zum ersten Widerstand (Zahnscheibe) in den Steckanschluss. 5. Drehen und schieben Sie den Druckluftschlauch weiter über die Zahnscheibe und Dichtung bis zum Anschlag in den Steckanschluss. Erst dann ist die Halte- und Dichtfunktion gewährleistet. 6. Prüfen Sie die Haltefunktion des Druckluftschlauchs durch Ziehen.	4. Schieben Sie die Überwurfmutter über den Druckluftschlauch, sodass das Gewinde auf dem Gehäuse fixiert werden kann. 5. Schieben Sie den Druckluftschlauch bis zum Anschlag über den Schlauchnippel. 6. Schieben Sie die Überwurfmutter bis zum Gewindeanschluss. 7. Ziehen Sie die Überwurfmutter von Hand und danach weitere ca. 1,5 Umdrehungen mit einem Maulschlüssel an. 8. Prüfen Sie die Haltefunktion des Druckluftschlauchs durch Ziehen.

2.3.2 Demontage

Verschraubungen mit Steckanschluss	Verschraubungen mit Überwurfmutter
▸ Drücken Sie mit zwei Fingern oder einem entsprechenden Werkzeug auf den Lösering (Richtung Gehäuse, siehe Produktübersicht) und ziehen Sie gleichzeitig den Druckluftschlauch heraus.	1. Lösen Sie die Überwurfmutter mit einem Maulschlüssel. 2. Ziehen Sie den Druckluftschlauch vorsichtig ab.

2.4 Beständigkeit von Kunststoff- und Dichtungsmaterialien

Die verwendeten Komponenten aus Kunststoff und Dichtungselemente weisen unter den üblichen Anwendungsbedingungen für den industriellen Einsatz für Pneumatikkomponenten eine hohe Lebensdauer auf.

Durch direkte Sonneneinstrahlung, überproportionale Wärmewechselbelastungen, Einwirken aggressiver Schmier- und Korrosionsschutzmittel, Lacke, Lösungsmittel oder Ozon kann es aber zu vorzeitigen Alterungs- und Versprödungsprozessen bei diesen Komponenten kommen.

Deshalb sollten diese Komponenten regelmäßig einer optischen Prüfung unterzogen werden und gegebenenfalls auf Dichtheit überprüft werden.

2.5 Produktauswahl

2.5.1 Auswahl der geeigneten Serie nach allgemeinem Anforderungsprofil

Je nach Anforderungsprofil zeigen die einzelnen Serien ihre Stärken.

Anforderung	QR1-S Mini	QR1-S Standard	QR2-S Standard	QR2-C Edelstahl	QR2-F Wärmebeständig
Produktvarianten	+	++	+	o	o
Kompaktheit	++	+	+	+	+
Druckbeständigkeit	+	+	++	++	++
Temperaturbeständigkeit	o	o	+	++	++
Schlauchanbindung nach ISO 14743	++	++	++	++	++
O-Ring-Abdichtung nach ISO 16030	+	+	–	–	–
Gewicht	++	++	o	o	o

Tab. 1 Auswahlmatrix für Verschraubungen mit Steckanschluss Serie QR1 und Serie QR2

++ sehr empfohlen
+ empfohlen
o geeignet
– weniger geeignet
– – nicht geeignet

3 Produkte

3.1 Produktübersicht pneumatische Verbindungstechnik

Verschraubungen mit Steckanschluss	Gewinde	Schlauchanschluss-Ø [mm]	Material Steckanschluss
QR1-S Mini	M3, M5, M6 M7, G1/8	3–6	PBT[1)]
QR1-S Standard	M5, M7, G1/8, G1/4, G3/8, G1/2	4–16	PBT[1)]
QR2-S Standard	M5, G1/8, G1/4, G3/8, G1/2	4–16	Messing, vernickelt
QR2-C Edelstahl	M5, M7, G1/8, G1/4, G3/8, G1/2	4–12	Edelstahl
QR2-F Wärmebeständig	M5, G1/8, G1/4, G3/8, G1/2	4–12	Messing, vernickelt

[1)] PBT = Polybutylenterephthalat

Tab. 2 Parameter Serie QR1 und Serie QR2

Die Verschraubungen mit Steckanschluss der QR-Familie gibt es für Schlauchdurchmesser von 3 bis 16 mm in Kunststoff-, Metall- und Edelstahlausführung. So kann gezielt die für die unterschiedlichen Applikationen und Branchen am besten geeignete Verschraubung eingesetzt werden.

Ein mehrfaches Lösen und Wiederverbinden der Pneumatikschläuche ist bei der QR-Verschraubung problemlos möglich. Auch kleinste Verschraubungen für Schläuche mit einem Durchmesser von nur 3 mm sind gut handhabbar.

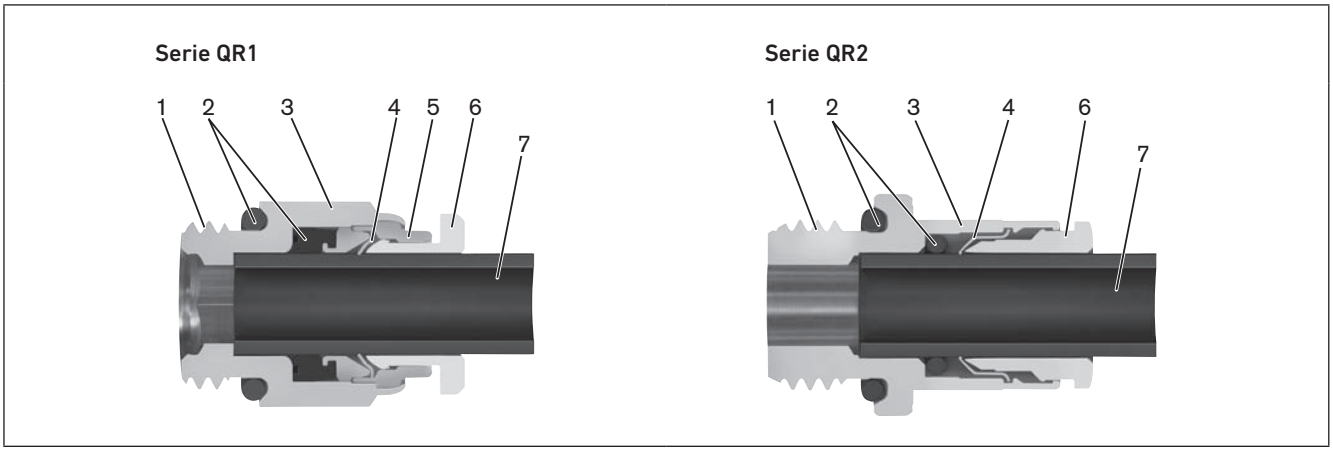


Abb. 3 Aufbau Steckanschluss der Serien QR

		QR1-S Mini	QR1-S Standard	QR2-S Standard	QR2-F Wärmebeständig	QR2-C Edelstahl
1	Gewinde	Messing, vernickelt	Messing, vernickelt	Messing, vernickelt	Messing, vernickelt	Nicht rostender Stahl[1)]
2	Dichtung	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Fluor-Kautschuk	Fluor-Kautschuk
3	Gehäuse	Polybutylen-terephthalat/ Messing, vernickelt[2)]	Polybutylen-terephthalat/ Messing, vernickelt[2)]	Messing, vernickelt	Messing, vernickelt	Nicht rostender Stahl[1)]
4	Zahnscheibe	Nicht rostender Stahl[1)]	Nicht rostender Stahl[1)]	Nicht rostender Stahl[1)]	Nicht rostender Stahl[1)]	Nicht rostender Stahl[1)]
5	Lösering Aufnahme	Zink-Druckguss	Zink-Druckguss	–	–	–
6	Lösering	Polyoxymethylen	Polyoxymethylen	Messing, vernickelt	Messing, vernickelt	Nicht rostender Stahl[1)]
7	Druckluftschlauch	Polyurethan, Polyethylen oder Polyamid, Schlauchdurchmesser außen kalibriert				

1) AISI 316
2) nur bei geraden Verschraubungen

Tab. 3 Serien im Vergleich

3.2 Serie QR1 Mini und Standard

Beschreibung

Die Serie QR1 beinhaltet folgende Ausführungen:

- QR1-S Mini (für Druckluftschläuche Ø 3–6 mm)
- QR1-S Standard (für Druckluftschläuche Ø 4–12 mm)

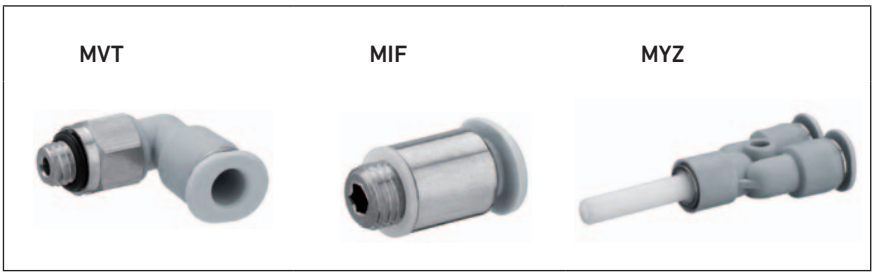


Abb. 4 Serie QR1-S Mini

Abb. 5 Serie QR1-S Standard

Eigenschaften

- Zylindrische Gewinde
- Optimale Abdichtung auch nach mehrfachem Lösen durch gekammerten O-Ring
- Geringes Gewicht
- Sichere Handhabung durch definierte Druckpunkte
- Leichtes Lösen durch ovalen Lösering mit deutlich vergrößerter Fingerauflagefläche

Anwendungen

- In allen Bereichen der allgemeinen Pneumatik
- Die QR1-Verschraubungen eignen sich für das Small Handling.

3.3 Serie QR2 Standard, Edelstahl und Wärmebeständig

Beschreibung

Die Serie QR2 beinhaltet folgende Ausführungen:

- QR2-S Standard (für Druckluftschläuche Ø 4–16 mm)
- QR2-C Edelstahl (für Druckluftschläuche Ø 4–12 mm)
- QR2-F Wärmebeständig (für Druckluftschläuche Ø 4–12 mm)

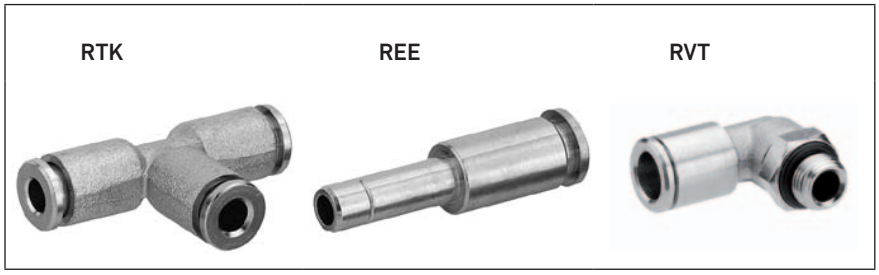


Abb. 6 Serie QR2-S Standard

Abb. 7 Serie QR2-C Edelstahl

Eigenschaften

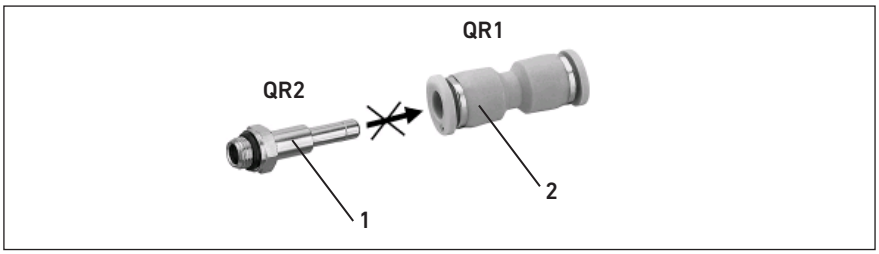
- Zylindrische Gewinde/konische Gewinde
- Optimale Abdichtung auch nach mehrfachem Lösen durch gekammerten O-Ring
- Einsatz bei erhöhten Temperaturen durch korrosionsbeständiges Design (QR2-C) möglich
- Einfaches Verbinden und Lösen über metallischen Lösering

Anwendungen

- In der allgemeinen Pneumatik
- Durch robuste Ausführung geeignet für den Einsatz in der Nahrungsmittelindustrie und in Arbeitsbereichen mit aggressiven Medien

3.4 Kombination von Serie QR1 und Serie QR2

Verschraubungen der Serie QR1 mit der Serie QR2 dürfen nicht über die Anschlüsse „Steckanschluss" und „Steckhülse" miteinander verbunden werden. Bei dieser Kombination ist die sichere Haltefunktion „Steckhülsenut (1)/Zahnscheibe (2)" nicht gewährleistet.



1 QR 2: Steckhülsenut

2 QR1: Zahnscheibe

3.5 Serie NU1 und Serie NU2

Serie NU1

Die Serie NU1, Steckanschluss mit Überwurfmutter, gibt es in folgenden Ausführungen:

- Winkelverschraubung
- T-Schwenkverschraubung
- Schottverbinder
- Ringstutzen
- Überwurfmutter

Serie NU2

Die Serie NU2, Steckanschluss mit Überwurfmutter, gibt es in folgenden Ausführungen:

- gerade Aufschraubverschraubung/gerade Verschraubung
- Schottverbinder
- Winkelverschraubung/Winkelschwenkverschraubung
- T-Verschraubung/T-Verbinder
- T-Schwenkverschraubung
- X-Verbinder
- Überwurfmutter; Ringstutzen

Anforderung	NU1-S	NU2-S
Produktvarianten	o	+
Kompaktheit	+	+
Druckbeständigkeit	+	++
Temperaturbeständigkeit	o	+
Gewicht	++	+

Tab. 4 Auswahlmatrix für Verschraubungen mit Überwurfmutter Serie NU1 und Serie NU2

++ sehr empfohlen
+ empfohlen
o geeignet
– weniger geeignet
– – nicht geeignet

3.5.1 Verschraubungen mit Überwurfmutter

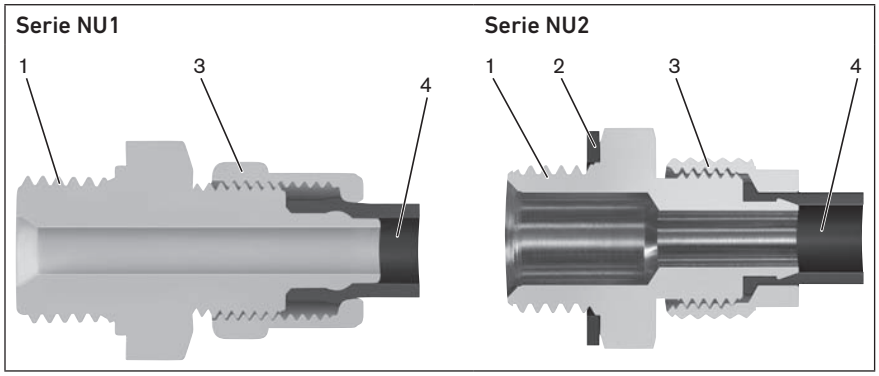


Abb. 8 Aufbau Verschraubungen der Serien NU

	NU1	NU2 (Aluminium)	NU2 (Messing)
1 Gehäuse	Polyoxymethylen	Aluminium, eloxiert	Messing, vernickelt
2 Dichtung	–	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Polyvinylchlorid
3 Überwurfmutter	Polyoxymethylen	Aluminium, eloxiert	Messing, vernickelt
4 Druckluftschlauch	Polyamid/Polyurethan	Polyvinylchlorid[1)]	Polyamid/Polyurethan

1) mit Gewebeeinlage

Tab. 5 Serien im Vergleich

Verschraubungen mit Überwurfmutter	Gewinde	Schlauchanschluss-Ø [mm]	Material Steckanschluss
• NU1	G1/8, G1/4, G3/8	6–12	Polyoxymethylen
• NU2	M5, G1/8, G1/4, G3/8, G3/4, G1/2, G1	4–27	• Aluminium, eloxiert • Messing, vernickelt

Tab. 6 Parameter Serie NU1 und Serie NU2

Gewindegröße	Anzugsmoment	Gewindegröße	Anzugsmoment
M3	0,5 + 0,2 Nm	G 1/8	5 + 1 Nm
M5	1,2 + 0,3 Nm	G 1/4	10 + 1 Nm
M6	1,2 + 0,3 Nm	G 3/8	25 + 2 Nm
M7	2,2 + 0,5 Nm	G 1/2	25 + 2 Nm

Tab. 7 Gewinde: Anzugsmomente

3.6 Druckluftschläuche

Zur pneumatischen Verrohrung stehen drei verschiedene Grundtypen zur Verfügung.

Einfacher Schlauch, Serie TU1

Die Serie TU1 bildet die Basis des Schlauchprogramms.

In der Serie TU1 gibt es folgende Schlauchtypen:

- Schläuche für den direkten Kontakt mit Lebensmitteln
- Schläuche für extrem hohe Durchflüsse
- Schläuche, die resistent gegen aggressive Medien sind
- Schläuche, die komplett antistatisch sind

Diese Serie ist auf das AVENTICS Verschraubungsangebot abgestimmt und in vielen Farben und Materialien erhältlich.

Duoschlauch, Serie TU2

Der Duoschlauch besteht aus miteinander verbundenen Schläuchen in der Farbkombination blau/schwarz. Der Duoschlauch vereinfacht die Montage bei Standardanwendungen.

Spiralschlauch, Serie TU3

Der Spiralschlauch ist speziell für Anwendungen gedacht, bei denen ein flexibler Bewegungsbereich abgedeckt werden muss.

Anforderung	TU1-"..."-PUR	TU1-S-PAM	TU1-S-PET	TU1-S-TEF	TU1-S-PVC
Druckbeständigkeit	+	++	+	+	+
Temperaturbeständigkeit	+	+	+	++	o
Medienbeständigkeit	+	+	++	++	–
Flexibilität (Biegefestigkeit)	++	+	+	o	o

Tab. 8 Auswahlmatrix für Druckluftschläuche nach Materialeigenschaften

++ sehr empfohlen
+ empfohlen
o geeignet
– weniger geeignet
– – nicht geeignet

Anforderung	TU1-S-PUR	TU1-A-PUR	TU1-E-PUR	TU1-F-PUR	TU1-X-PUR
Antistatisch	–	+	–	–	–
Beständig gegen Mikrobenbefall	o	+	o	+	+
Flammschutz (UL94V), schweißspritzerresistent	–	–	–	–	+
Halogenfrei/fluorfrei	+	+	+	+	+
Hydrolysebeständigkeit	o	+	o	+	+
Schleppkettentauglichkeit	+	+	+	+	+
UV-Beständigkeit	o	+	o	o	+
Hohe Druckbeständigkeit	+	+	–	+	+

Tab. 9 Auswahlmatrix für PUR-Druckluftschläuche nach Materialeigenschaften

++ sehr empfohlen
+ empfohlen
o geeignet
– weniger geeignet
– – nicht geeignet

3.6.1 Produktübersicht Druckluftschläuche

AVENTICS bietet ein hochwertiges Spektrum an Kunststoffschläuchen, die nach technischen und ökonomischen Gesichtspunkten gezielt ausgewählt werden können.

Zur Auswahl stehen folgende Serien:

- einfache Schläuche der Serie TU1
- Duoschläuche der Serie TU2
- Spiralschläuche der Serie TU3

	Serie	Material
	Schlauch, Serie TU1	
	TU1-S-PUR	Polyester-Polyurethan
	TU1-X-PUR	Polyether-Polyurethan
	TU1-F-PUR	Polyether-Polyurethan
	TU1-A-PUR	Polyether-Polyurethan
	TU1-E-PUR	Polyester-Polyurethan
	TU1-S-PAM	Polyamid
	TU1-S-PET	Polyethylen
	TU1-S-TEF	Polytetrafluorethylen
	TU1-S-PVC	Polyvinylchlorid
	Duoschlauch, Serie TU2	
	TU2-S-PUR	Polyester-Polyurethan
	Spiralschlauch, Serie TU3	
	TU3-S-PAM	• Polyamid

Tab. 10 Übersicht Druckluftschläuche

Hinweis

Aus Sicherheitsgründen wird für Steckanschlüsse die Verwendung von Schläuchen und Zubehör aus dem Pneumatik-Katalog von AVENTICS empfohlen. Bei Verwendung von PU-Schläuchen (z. B. TU1-...-PUR-Serie) wird zusätzlich die Verwendung von Einsteckhülsen empfohlen.

Hierbei sind die allgemeinen Regeln und sicherheitstechnischen Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile nach EN ISO 4414 zu beachten.

3.7 Kupplungen, Serie CP1

Mit Kupplungen der Serie CP1 lassen sich folgende Verbindungen realisieren:

- Standard-Verschlusskupplung mit unterschiedlichen Anschlussarten
- Sicherheitskupplungen
- Spezielle Multikupplungen (Bündelung mehrerer Pneumatikschläuche)

Kupplungen werden zur Verbindung von Leitungssystemen für die Versorgung von Maschinen/Anlagen mit gasförmigen (hier mit Druckluft) oder auch flüssigen Medien eingesetzt.

Es sind einseitig und beidseitig absperrende Ausführungen im Einsatz. In der Regel sind bei AVENTICS Kupplungen in der einseitig absperrenden Ausführung im Einsatz. Diese ermöglichen durch die Einhandbedienung ein flexibles, effizientes und zuverlässiges Anschließen und Wechseln von Systemen. Die Kupplungsdose ist mit einem Rückschlagventil ausgestattet und verschließt beim Entkuppeln den Schlauch.

Sicherheitskupplungen bieten einen erhöhten Schutz beim Entkuppeln.

Eine vollständige Entriegelung ist erst möglich, wenn der Druck auf Seiten des Kupplungssteckers abgebaut ist.

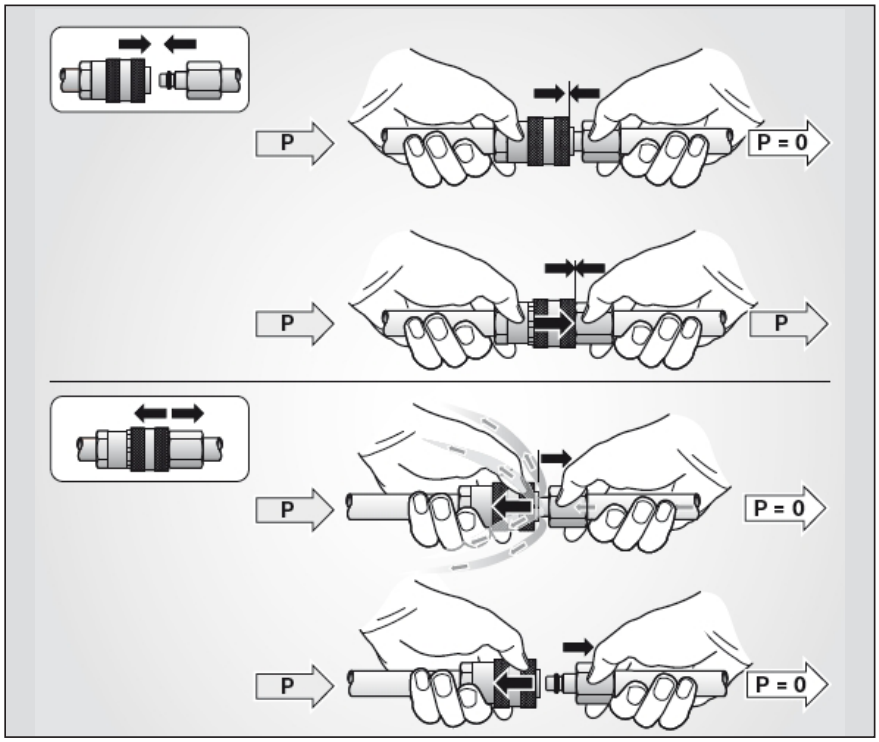
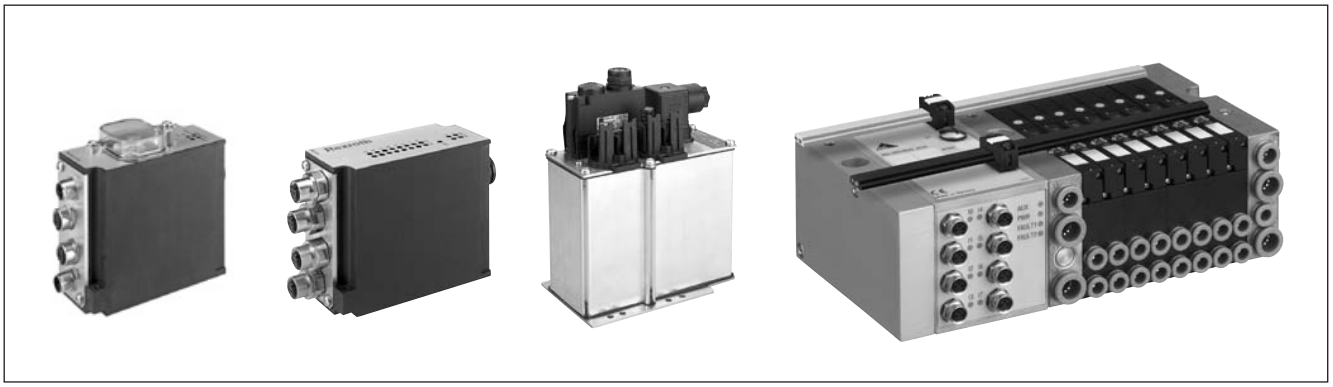


Abb. 9 Lösen und Verbinden für die Sicherheitskupplung Serie CP1

Kupplungen	Gewinde	Nennweite [mm]	Material Steckanschluss
CP1	M5, G1/8, G1/4, G3/8, G1/2	Ø 2,7–10	• Messing, vernickelt • Stahl, verzinkt

Tab. 11 Parameter Serie CP1

X Feldbus-Anbindungen



1	**Einführung**	**240**
1.1	Die integrierten Feldbussysteme	240
1.1.1	Einzelverdrahtung	240
1.1.2	Multipolsysteme	240
1.1.3	Individuelle Konfiguration	240
2	**Technische Grundlagen**	**241**
2.1	Bewertung der Eigenschaften	241
2.2	Bustechnologie mit Struktur	242
2.2.1	BDC – Bus Direct Control	242
2.2.2	DDL – Drive & Diagnostic Link	243
2.2.3	CMS – Central Mounted System	244
2.2.4	VDS – Valve Driver System	245
3	**Produkte**	**246**
4	**Anwendungen**	**246**
4.1	Montagetechnik	246
4.2	Prüftechnik	246
4.3	Vakuumtechnik	246

1 Einführung

1.1 Die integrierten Feldbussysteme

Je komplexer die Steuerung einer Anlage ist, desto mehr lohnt sich der Einsatz von Feldbussystemen. Mit Hilfe der Feldbussysteme wird der Verkabelungsaufwand minimiert, die Diagnosefähigkeit der Anlage erhöht und die Anzahl der potentiellen Fehlerquellen verringert. Unsere modernen Verbindungsstrukturen ermöglichen dabei nicht nur eine schnelle und sichere Datenübertragung, sondern auch eine Diagnose bis hin zur einzelnen Ventilspule.

Dabei verlangt jede Applikation nach einer passenden Feldbussystemlösung. AVENTICS hat dafür das weitreichende Spektrum möglicher Feldbussysteme in ein Konzept mit vier Verbindungsstrukturen gegliedert.

1.1.1 Einzelverdrahtung

Für Anlagen mit geringer Komplexität ist die Einzelverdrahtung eine einfache und sichere elektrische Lösung. Aufgrund der einfachen Montage ist sie aus dem Maschinenbau nicht wegzudenken. Insbesondere wird die Einzelverdrahtung in Normen wie z. B. EN, VDMA vorgeschrieben. AVENTICS hat daher unter anderem eine komplette Baureihe mit M12-Anschluss in seinem Programm.

1.1.2 Multipolsysteme

Bei den Ventilsystemen mit Multipolstecker ist der Montageaufwand gegenüber der Einzelverdrahtung reduziert. Die Vielseitigkeit und Flexibilität unserer Ventilsysteme mit Multipolstecker tragen dabei zur schnellen Lösung kundenspezifischer Automatisierungsaufgaben bei. Die Ventilsysteme werden entsprechend der individuellen Vorgaben komplett montiert und geprüft ausgeliefert. Dank des modularen Aufbaus kann ein bestehendes System jederzeit erweitert oder umgebaut werden.

1.1.3 Individuelle Konfiguration

Auf dem AVENTICS Internetportal (http://www.aventics.com/de/engineering-tools/konfiguration.html) können Sie mithilfe des Produktkonfigurators die passenden Ventilsysteme und Linkstrukturkonzepte individuell konfigurieren.

Ein komplexes System, dass an alle Details denkt und Sie mit logischen Auswahlvorgaben sicher zu Ihrer VS-Lösung führt.

2 Technische Grundlagen

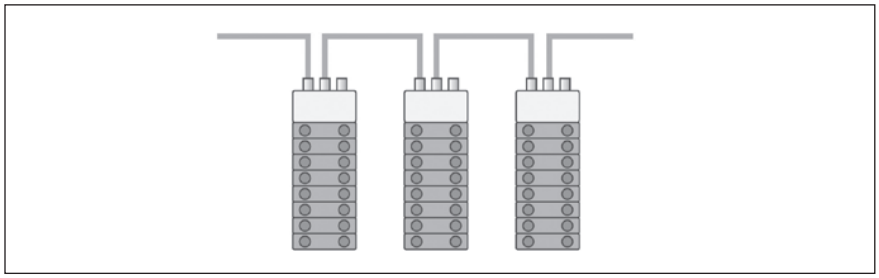
2.1 Bewertung der Eigenschaften

Kriterien	BDC	DDL	VDS	CMS
Die Anlage soll weitestgehend vom Feldbus unabhängig projektiert werden.	+	++	+	–
Es sollen mehrere Ventilsysteme über den Feldbus gesteuert werden.	o	++	+	o
Es sollen elektropneumatische Druckregelventile über den Feldbus gesteuert werden.	o	++	+	o
Es sollen mehrere Einzelventile über den Feldbus gesteuert werden.	––	o	++	–
Es sollen nur wenige pneumatische Komponenten über den Feldbus gesteuert werden.	++	o	+	–
Es sollen Diagnosefunktionen ausgegeben werden.	–	++	o	+
Es sollen binäre Sensorsignale verarbeitet und Ausgangssignale gesetzt werden.	––	++	++	++
Es sollen analoge Ein-/Ausgangssignale verarbeitet werden.	––	++	––	––
Die einzeln anzusteuernden Komponenten liegen räumlich weit auseinander.	++	+	o	++
Die Adressierung der einzelnen Teilnehmer soll flexibel sein.	+	++	––	o
Es kann ein NOT-AUS-Kreis verwendet werden.	++	++	++	++

++ sehr gut geeignet
+ gut geeignet
o geeignet
– nicht empfohlen
– – nicht geeignet

2.2 Bustechnologie mit Struktur

2.2.1 BDC – Bus Direct Control



BDC ist die direkte Verbindung Ihrer Pneumatik mit dem Feldbus.

Diese Linkstruktur ist auf das Wesentliche reduziert und bietet eine solide Lösung für Anwendungen ohne weitreichende Zusatzfunktionen. Auf Extras wie z. B. Sensoreingänge wird hier aus Kostengründen bewusst verzichtet.

Der Feldbusanschluss wird von Einheit zu Einheit weitergeleitet. Je Ventilsystem können bis zu 32 Spulen angesteuert werden.

Das BDC-System besticht durch seinen einfachen Aufbau. Alle Komponenten sind auf einer Ebene und direkt an die SPS angeschlossen.

Jedes BDC-Ventilsystem ist somit ein direkter Teilnehmer am übergeordneten Feldbus.

Daher können auch räumlich weit auseinanderliegende Komponenten über den Feldbus angesteuert werden.

Das BDC-System ist besonders geeignet für feldbusgesteuerte Anlagen.

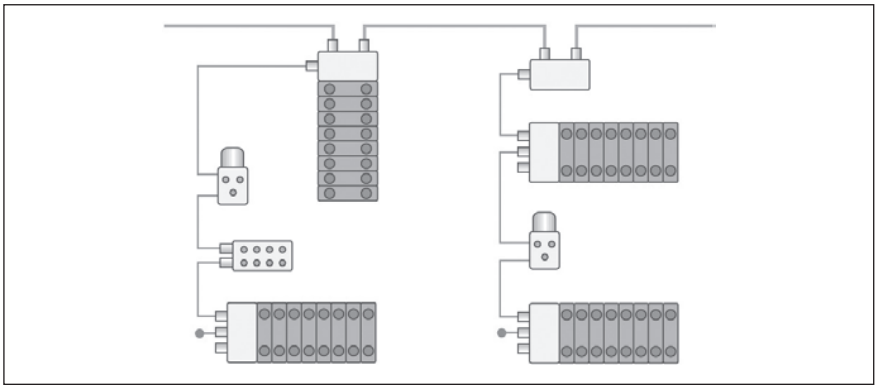
Eigenschaften

- Kompakte Baugruppen mit hoher Funktionsdichte für breite Anwendungsgebiete
- Niedrige Installations- und Feldbusanschlusskosten
- Moderne Anschlusstechnologie
- Wenige pneumatische Aktuatoren
- Räumlich weit auseinanderliegende Pneumatikkomponenten

BDC ermöglicht die direkte Verbindung mit den Ventilsystemen. Jede Einheit ist in der Gesamtstruktur ein einzelner Feldbusteilnehmer.

Diese Struktur bietet universelle Einsatzmöglichkeiten in den unterschiedlichsten Standardumgebungen.

2.2.2 DDL – Drive & Diagnostic Link



Diese Struktur besteht aus einem Buskoppler zur Kommunikation mit dem übergeordneten Feldbus und bis zu 14 Teilnehmern im DDL-Strang.

Die Diagnosefunktionen ermöglichen ein schnelles Erkennen und Auffinden von Störungen, wodurch die Stillstandszeiten in Produktionsanlagen reduziert werden. Feldbusunabhängig kann DDL 128 Eingänge und 128 Ausgänge verarbeiten. Ebenso können analoge Ein- und Ausgangssignale eingebunden werden.

Am Anfang eines jeden DDL-Strangs steht ein Buskoppler zur Kommunikation mit dem übergeordneten Feldbus. Innerhalb des DDL-Strangs ist es für die Komponenten unerheblich, welches Feldbusprotokoll verwendet wird. Die Steuerketten der Anlage können daher unabhängig vom Feldbusprotokoll projektiert werden, wodurch die Teilevielfalt stark reduziert wird.

Die Länge eines DDL-Strangs vom Buskoppler bis hin zum letzten Teilnehmer kann bei der Standard-Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 40 m betragen.

Aufgrund der Übertragungstechnik ergibt sich eine hohe Datensicherheit. Durch die Diagnosefunktionalität des DDL-Systems können Schaltzustände jederzeit über den Feldbus abgerufen werden, wodurch die Suche nach Fehlerursachen erleichtert wird.

Maschinenstillstandszeiten werden so durch die schnelle Einleitung von Maßnahmen reduziert.

Außerdem werden bei Ventilsystemen die Spulen auf „Open Load“ (Kontaktunterbrechung) und Kurzschluss überwacht. Zusätzlich bieten einige DDL-Teilnehmer über bestimmte Einstellungen der Parameter die Möglichkeit, die Reaktion bei Feldbusausfall zu bestimmen.

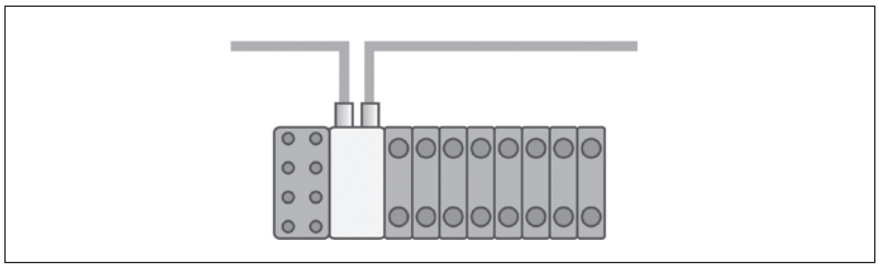
Durch Verknüpfung der Diagnosedaten mit Rückmeldungen von z. B. Sensoren, elektropneumatischen Druckregelventilen und entsprechenden Programmierungen in der SPS können Anlagenzustände schnell im Klartext zur Anzeige gebracht werden.

Eigenschaften

- Diagnose bis zur Ventil-/Spulen-Ebene
- Hohe Datensicherheit
- Unabhängig vom Feldbus-Protokoll
- 1 Strang für 128 Eingänge und 128 Ausgänge
- DDL-Anschluss M12 (5-polig)
- Schnelle Datenübertragung
- Bis zu 40 m Kabellänge
- Einfache Handhabung
- Kombinationsmöglichkeit von bis zu 14 verschiedenen Komponenten/Geräten pro Strang
- Geringe Baugröße der Buskoppler und Ventiltreiber

Das DDL-System von AVENTICS ist ein Feldbusanschluss mit detaillierter Funktionsdiagnose. Er kann Magnetventile, Druckregelventile, digitale und analoge I/O-Module mit unterschiedlichen Feldbussystemen ansteuern.

2.2.3 CMS – Central Mounted System



Das modular konfigurierbare Ventilsystem mit integriertem Buskoppler und I/O-Modulen bietet eine mechanisch komplette Einheit für Anwendungen ohne weiteren Verkabelungsaufwand. Optional können zusätzlich ein Gateway zum AS-i oder auch Steuerungsfunktionen in die Einheiten integriert werden.

Der zunehmende Automatisierungsgrad von Anlagen ist häufig gleichbedeutend mit wachsendem Installationsaufwand. Unsere komplett verdrahteten CMS-Ventilsysteme mit Sensoreingängen können als Schaltzentralen in komplexen Anlagen eingesetzt werden.

Dabei umfasst jede CMS-Einheit einen Buskoppler, ein Ventilsystem und I/O-Module – entsprechend Ihrer individuellen Konfiguration montiert und geprüft. Die leistungsfähigen modular aufgebauten Komplettsysteme können innerhalb kürzester Zeit in Ihrer Anlage in Betrieb genommen werden. Um den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden, gibt es CMS-Ventilsysteme in verschiedenen Design-Varianten.

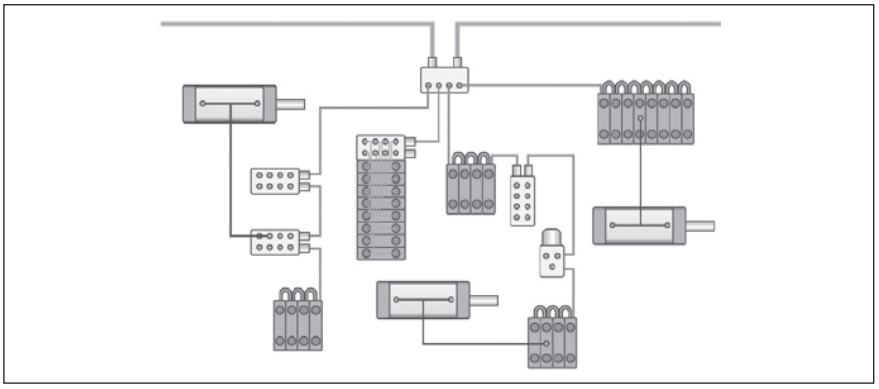
Eigenschaften

- Alle gängigen Feldbus-Protokolle
- Im Ventilsystem integrierte Eingangsmodule
- Im Ventilsystem integrierte Ausgangsmodule
- Ventile mit verschiedenen Durchflüssen können miteinander verblockt werden
- Einfache Wandmontage

Obwohl CMS-Ventilsysteme starre Einheiten sind, zeichnen sie sich dennoch durch ihre Vielseitigkeit und Flexibilität aus. Bei der komfortablen Konfiguration der Einheit im Produktkonfigurator können Sie zwischen vielerlei Optionen wählen. Unter anderem stehen ein Powermodul zur zusätzlichen Spannungsversorgung sowie verschiedene Ein- und Ausgangsmodule zur Verfügung. Für einzeln gesetzte Ventile in der Peripherie der Anlage kann ein Gateway zum AS-i in die Einheit integriert werden.

CMS ist immer dann die richtige Lösung, wenn Sie den Planungs- und Installationsaufwand für die pneumatische Ansteuerung Ihrer Anlage auf ein Minimum reduzieren wollen.

2.2.4 VDS – Valve Driver System



Die Struktur mit bis zu vier Strängen – im Mittelpunkt steht jeweils ein Buskoppler zur Kommunikation mit dem übergeordneten Feldbus. Über Kontaktbrücken können in der VDS-Struktur alle Ventilsysteme oder Einzelventile mit elektrischem Anschluss (Form A oder Form C) angesteuert werden. Optional enthalten die Kontaktbrücken Sensoreingänge.

Modulare Intelligenz mit vielen Vorteilen. In der VDS-Struktur können beliebige pneumatische Aktuatoren über Kontaktbrücken oder Ventiltreibermodule angesteuert werden.

Die Kopplung an den Feldbus wird mit einem Buskoppler hergestellt, der je nach Feldbusprotokoll 2 oder 4 VDS-Stränge mit je 32 Eingängen und 32 Ausgängen zur Verfügung stellt.

Eigenschaften

- Vom Feldbus unabhängige Projektierung möglich
- Fast alle Ventile mit elektrischem Anschluss (Form A oder Form C) können angesteuert werden.
- Für alle gängigen Feldbus-Protokolle
- Große Modularität durch Kontaktbrücken
- NOT-AUS-Funktion
- Sehr günstige Eingänge über Kontaktbrücken möglich
- Bis zu 4 Stränge mit 5 bzw. 10 m Länge
- Strangfehlerdiagnose beim F-Design

Bei nahezu allen Anwendungen in der Automationstechnik ist die Auswertung von Sensormeldungen eine elementare Voraussetzung für die Sicherstellung der Prozesse. Steuerungsrelevante Informationen müssen gemeldet und ausgewertet, folgende Programmschritte eingeleitet werden.

In der Pneumatik sind es vornehmlich Zylinder und Druckschalter, die automatisch über ihre Sensormeldungen gesteuert werden. Das Konzept der VDS-Linkstruktur erreicht hier eine effektive Nutzung durch durchgängige Integration von Sensoranschlüssen in den einzelnen Komponenten.

Die Verbindung der Ventile zum Buskoppler wird über aufgesteckte Kontaktbrücken realisiert, die untereinander mit Kabel verbunden sind und die Treiber für die Ventile sowie die Auswerteelektroniken für die Sensoren enthalten. Ein Ventilsystem kann mit bis zu 16 Ventilen bestückt und über Brücken mit dem Buskoppler verbunden werden. Dabei können je nach Ventilserie oder -typ die unterschiedlichsten VDS-Kontaktbrücken eingesetzt werden – das bedeutet modulare Flexibilität ohne Grenzen.

3 Produkte

Serie	Design	Feldbusprotokolle
BDC	B	PROFIBUS DP / CANopen / CANopen sb / DeviceNet / EtherCAT / sercos III
	S	PROFIBUS DP / CANopen / DeviceNet
	V	PROFIBUS DP / CANopen / DeviceNet / Interbus S / Installations-Fernbus
CMS	B	PROFIBUS DP / CANopen / DeviceNet / Interbus S / EtherNET/IP / PROFIBUS IO
	M	PROFIBUS DP, mit integrierter SPS / CANopen / Interbus S
DDL	S	PROFIBUS DP / CANopen / DeviceNet / Interbus S / PROFIBUS IO / EtherCAT
VDS	S	PROFIBUS DP / CANopen / Interbus S
	F	PROFIBUS DP / CANopen / DeviceNet / Remote I/O
	C	PROFIBUS DP / CANopen / Interbus S / ABB/CS31

Tab. 1 Parameterübersicht Feldbus-Anbindungen

4 Anwendungen

Das integrierte Feldbusprogramm von AVENTICS bietet für alle Aufgaben eine adäquate Lösung.

Egal in welcher Branche, egal in welcher Fertigungsebene. Bei der kompletten Ausstattung vollautomatischer Fertigungsprozesse ebenso wie bei der optimalen Einbindung pneumatischer Einzelplatzlösungen. Mit den vier Linkstrukturen und den jeweils passenden Design-Varianten kann das gesamte Ventilprogramm angebunden und die Komponenten der Pneumatik gesteuert werden. Große Flexibilität und Neutralität bei der Projektierung garantiert dabei nicht zuletzt die Tatsache, dass unser Programm für sämtliche gängigen Feldbusprotokolle offen ist.

4.1 Montagetechnik

Pneumatikkomponenten von AVENTICS bewegen, positionieren und fixieren Einbauteile, steuern das automatische Teilehandling und unterstützen mit speziellen Balancer-Systemen manuelle Montagearbeiten.

4.2 Prüftechnik

Bei der Endkontrolle von Motoren und Getrieben übernehmen Pneumatiklösungen von AVENTICS die exakte Positionierung der Prüfobjekte und Anschlusseinheiten sowie die sichere Fixierung während der Prüfphase.

4.3 Vakuumtechnik

Sie kann ebenso kraftvoll wie gefühlvoll zupacken. Deshalb ist die Vakuumtechnik von AVENTICS beim Handhaben unterschiedlichster Produkte, Materialien und Teile im Einsatz. Mit einer großen Vielfalt an spezifischen Branchenlösungen.

Aventics GmbH
Ulmer Straße 4
30880 Laatzen, GERMANY
Tel. +49 511 2136-0
Fax +49 511 2136-269
www.aventics.com
info@aventics.com

Weitere Adressen finden Sie unter
www.aventics.com/contact

Verwenden Sie die dargestellten AVENTICS Produkte ausschließlich im industriellen Bereich. Lesen Sie die Produktdokumentation gründlich und vollständig, bevor Sie das Produkt verwenden. Beachten Sie die geltenden Vorschriften und Gesetze des jeweiligen Landes. Bei Integration des Produktes in Applikationen beachten Sie die Angaben des Herstellers der Anlage zur sicheren Anwendung der Produkte. Die angegebenen Daten dienen allein der Produktbeschreibung. Eine Aussage über eine bestimmte Beschaffenheit oder eine Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Die Angaben entbinden den Verwender nicht von eigenen Beurteilungen und Prüfungen. Es ist zu beachten, dass die Produkte einem natürlichen Verschleiß- und Alterungsprozess unterliegen. Das Originaldokument wurde in deutscher Sprache erstellt.

Auf der Titelseite ist eine Beispielkonfiguration abgebildet. Das ausgelieferte Produkt kann daher von der Abbildung abweichen.
Änderungen vorbehalten. © AVENTICS S.a.r.l., auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.
Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns. R412018764 / 09.2014 (DE)