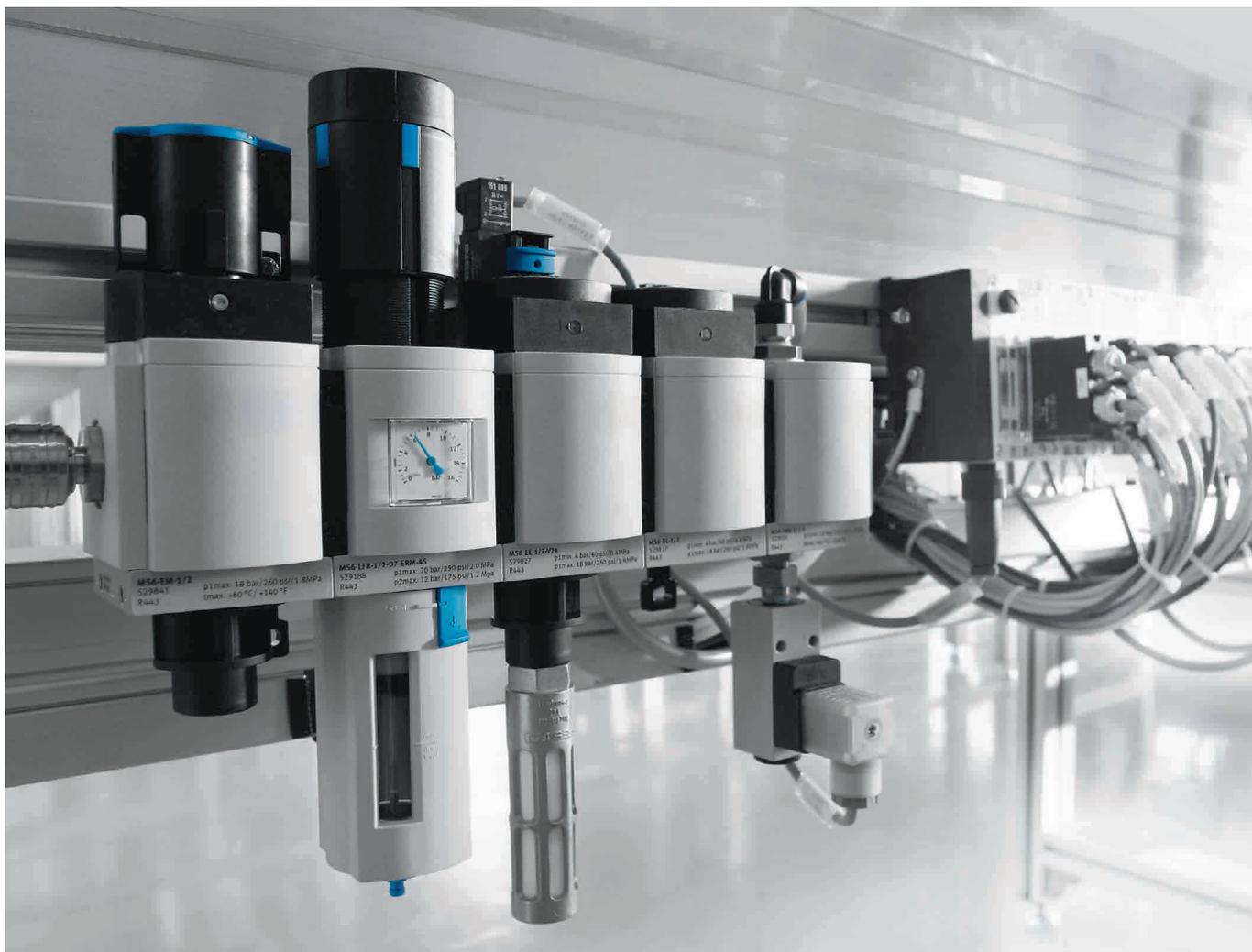


White Paper

Druckluftaufbereitung in der Pneumatik



Partikel, Wasser und Öle in der Druckluft verringern die Lebensdauer und die Funktion von Komponenten und Systemen. Sie gehen auch zu Lasten von Produktivität und Energieeffizienz. Eine bedarfsgerechte Aufbereitung dagegen erhöht signifikant die Prozess- und Produktsicherheit sowie die Verfügbarkeit Ihrer Anlage.

Dieses White Paper informiert Sie:

- Wie Druckluftaufbereitung die Prozesssicherheit, Maschinenverfügbarkeit und Lebensdauer aller Komponenten verbessert.
- Welche Kriterien für die optimale Auswahl einer Wartungsgeräte-Kombination und welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt werden müssen.
- Welche Funktionsprinzipien und Einsatzgebiete die verschiedenen Wartungsgeräte haben.
- Wie man eine Wartungsgeräte-Kombination für optimierte Leistung konfiguriert.

1. Druckluftaufbereitung im System

Druckluft ist in produzierenden Unternehmen heutzutage nicht mehr wegzudenken. Aus gutem Grund: Druckluft bietet ein konkurrenzlos breites Anwendungsspektrum und verbindet Geschwindigkeit, Kraft, Präzision und gefahrloses Handling miteinander. Doch bevor man diese Vorteile nutzen kann und die pneumatischen Komponenten Bewegungen erzeugen, müssen einige Schritte durchlaufen werden. Am Anfang eines jedes Druckluftsystems steht ein Kompressor. Die von ihm erzeugte Druckluft wird mittels Kältetrockner aufbereitet. Üblicherweise erfolgt vor oder nach dem Kältetrockner eine Speicherung der Druckluft, die variierende Verbräuche ausgleichen soll. Über Rohre wird die Druckluft bis zur dezentralen Druckluftaufbereitung transportiert.

Diese Druckluftaufbereitung ist Thema dieses White Papers, das generell die Funktionen Einschalten, Druckaufbau, Filtern, Regeln, Trocknen und Ölen umfasst. Schließlich wird die aufbereitete Druckluft der Maschine zur Verfügung gestellt und die Anwendung bedient.

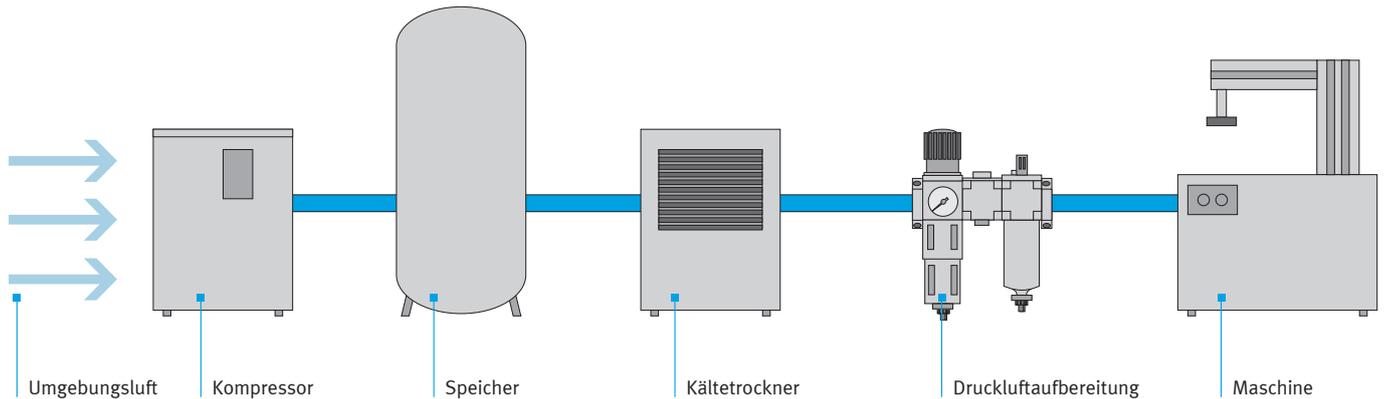


Abb. 1: Der Weg der Druckluft zum Verbraucher

2. Druckluftaufbereitung – ein essentieller Faktor für höhere Prozesssicherheit, Maschinenverfügbarkeit und Lebensdauer aller Komponenten

Hätten Sie's gewusst? In einem Kubikmeter nicht aufbereiteter Umgebungsluft befinden sich eine ganze Menge betriebsstörende Bestandteile. Im Einzelnen:

- Schmutzpartikel: bis zu 180 Millionen zwischen 0,01 μm und 100 μm (z.B. Typische Partikelgrößen [μm]: Viren 0,01; Tabakrauch 0,1; Wasserdampf 5 ... 80; Haar 40 ... 150)
- Wasser: temperaturabhängig bis zu 80 g bei 50 °C
- Öl: bis zu 0,03 mg
- Chemische Verunreinigungen: wie Blei, Cadmium, Eisen, Quecksilber u.ä.

Druckluftaufbereitung hilft, Schäden und deren Folgen zu minimieren. Deshalb ist sie essentiell für die pneumatischen Komponenten und die Prozesssicherheit in der Produktion. Darüber hinaus stellen verschiedene Branchen und spezielle Anwendungen weitere Anforderungen an die Güte der Druckluft.

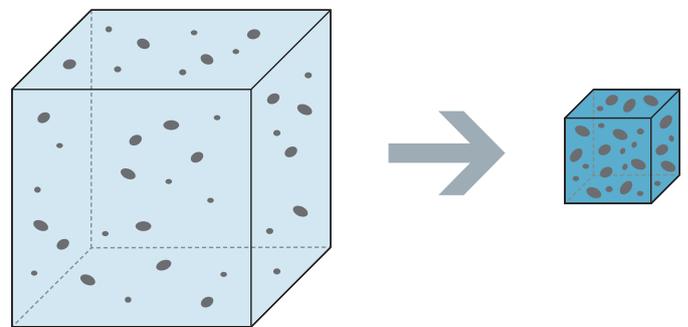


Abb 2: Wird die Umgebungsluft verdichtet, erhöht sich die Schadstoffkonzentration um ein Vielfaches.

Bedarfsgerechte Druckluftaufbereitung vermeidet Schäden



Partikel

Partikel in Form von Stäuben, Korrosionsprodukte oder Metallspäne durch Umbauarbeiten etc.



Direkte Folgen:

Ablagerung und mechanischer Abrieb, z. B. zwischen Zylinderwand und Kolbendichtung



Wasser

Die Umgebungsluft enthält immer eine gewisse Menge Wasserdampf.



Direkte Folgen:

Korrosion von Teilen, deren Rostpartikel zu mechanischer Zerstörung oder zur Verstopfung von kleinen Durchflussquerschnitten führen.



Öl

Auch bei ölfrei arbeitenden Verdichtern sorgen Ölaerosole aus der angesaugten Atmosphäre für eine Restölbelastung.



Direkte Folgen:

Partikel-Verklumpung, die zur Verstopfung von Querschnitten führt. Elastomere, wie z. B. in Dichtungen, können aufquellen.



Langfristige Folgen:

- Höherer Wartungsaufwand
- Betriebsstörungen
- Verkürzte Lebensdauer
- Höhere Energiekosten durch Leckage

3. Kriterien für die richtige Auswahl einer Wartungsgeräte-Kombination

Drei Hauptmerkmale charakterisieren eine gute Druckluftaufbereitung für den Verbraucher: passende Druckluftreinheit, ausreichende Druckluftquantität und ein bedarfsgerechter Druck. Diese Merkmale muss man bei der Auswahl einer Wartungsgeräte-Kombination berücksichtigen.

Vereinfacht erläutert:

- Eine passende Druckluftreinheit erhöht die Lebensdauer und Effizienz der pneumatischen Anlage und ermöglicht eine vorschriftsgemäße Anwendung, beispielsweise in der Lebensmittelindustrie.
- Die ausreichende Druckluftquantität: Erst mit dem richtigen Durchfluss lassen sich z.B. vorgegebene Verfahrensgeschwindigkeiten an Zylinderkolben erzielen.
- Der bedarfsgerechte Druck liefert die erforderliche Kraft, um Komponenten und das zu verarbeitende Gut zu bewegen.



Abb 3: Ein Beispiel – die Wartungseinheit MSB4 von Festo

3.1 Passende Druckluftreinheit für pneumatische Komponenten und spezifische Anwendungen

Die Druckluftreinheit ist in der Norm ISO 8573-1:2010 definiert. Die Bezeichnung der Luft mit einer bestimmten Reinheit setzt sich aus drei Angaben zusammen:

- Feststoffpartikel
- Wasser
- Öl

Die Norm legt in diesen Klassen fest, welcher Maximalgehalt an Schadstoffen in der Druckluft enthalten sein darf. Je höher die Klasse, desto niedriger der geforderte Reinheitsgrad. Die erforderliche Druckluftreinheit für Pneumatikkomponenten wie Ventile oder Zylinder ist von Herstellern vorgegeben.

Die Reinheitsklasse z. B. für Standardpneumatik bei Festo lautet:

7.4.4

7 = Die Klasse der Feststoffpartikel

4 = Die Klasse für Wasser

4 = Die Klasse für Öl

7. 4. 4

ISO 8573-1:2010 Klasse	Feststoffpartikel			Wasser		Öl	
	Maximale Anzahl Partikel pro m ³	Massenkonzentration	Drucktaupunkt Dampf	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

Abb. 4: ISO 8573-1:2010 im Detail, hier die Klassifizierung der Reinheit bei den Partikeln, Wasser und Öl.

Typische Anwendungen und deren Reinheitsklassen

Unterschiedliche Anwendungen benötigen für einen reibungslosen Prozess spezifische Druckluftreinheiten. Die Tabelle unten spiegelt Erfahrungswerte aus der Praxis wieder und ist in Anlehnung an das Einheitsblatt des VDMA 15390-1 entstanden.

Dabei handelt es sich nicht um absolute, sondern lediglich um Richtwerte. Jede Anwendung muss individuell durch den Betreiber auf Tauglichkeit geprüft werden.

Typische Anwendungen	Spezifizierung der typischen Anwendungen	Steuerluft (S) Prozessluft (P) oder Blasluft (B)	Partikel	Feuchtigkeit (dampfförmig)	Gesamtölgehalt			
Branchenübergreifend	Steuerluft allgemein	S	7	4	4			
	Betriebsmedium für Ventile und Zylinder (bei Festo)	S						
	Betriebsmedium für Proportional-Wegeventile und Druckluftwerkzeuge (bei Festo)	S	6	4	4			
Metallerzeugung und -verarbeitung	Ausblasen von Formen	P	5	4	3			
Gießerei	Kernschießen	P						
Maschinen- und Anlagenbau	Blasluft	B						
	Prozessluft	P	1	4	1			
Textilgewerbe	Förderluft	P	3	4	2			
Papiergewerbe	Förderluft	P						
Verlags- und Druckgewerbe	Förderluft	P						
Glasgewerbe, Keramik	Förderluft	P						
Gummi- und Kunststoffindustrie	Blasluft	B						
Gummi- und Kunststoffindustrie	Förderluft	P				1	4	1
Oberflächenveredlung	Strahlen	P				3	4	2
	Pulverbeschichtung	P	1	4	1			
	Lackieren	P						
Chemische Industrie, chemische Faserherstellung	Förderluft	P	1	4	1			
Mess- und Prüfsysteme	3-D Meßtechnik	P						
	Mess- und Prüfluft	P						
Tabakverarbeitung	Förderluft	P	1	4	1			
Elektrotechnik, Elektronik	Leuchtmittel	P						
	CD-Herstellung	P						
	Chip-Herstellung	B				1	2	1
	Datenplatten-Herstellung	B						
Pharmazeutische Industrie/ Nahrungsmittelindustrie & Molkereien	Direkter Kontakt der Druckluft mit dem Verpackungsmaterial	P	1	4	1			
	Direkter Kontakt der Druckluft mit „nicht-trockenen“ Produkten	P						
	Direkter Kontakt der Druckluft mit „trockenen“ Produkten	P	1	2	1			

Begriffserklärungen:

Steuerluft wird zur Steuerung von Ventilen, Zylindern und Greifern etc. genutzt und kommt mit den Produkten nicht direkt in Kontakt. Der Kontakt erfolgt ggf. als expandierte Druckluft über eine entsprechende Distanz und verdünnt mit normaler Umgebungsluft. Hier muss abgewägt werden, inwieweit die Steuerluft den Prozess negativ beeinflussen kann – z. B. durch Abluft etc. Ggf. sollte sich die Reinheitsklasse der Steuerluft an der Reinheitsklasse der Prozessluft orientieren.

Blasluft dient zur Reinigung von Maschinen und Werkstücken. Die Blasluft kommen mit dem Produkt in einem Be- oder Verarbeitungsprozess direkt in Berührung.

Prozessluft ist als Medium physikalisch oder chemisch in einem Be- oder Verarbeitungsprozess einbezogen oder dient zum Transport von Produkten. Die Prozessluft kommt dabei stets mit dem Produkt in einem Be- oder Verarbeitungsprozess direkt in Berührung.

Ableitung der Reinheitsklassen:

Partikel werden in diesem White Paper in die Klasse 7, 6, 5, 3 und 1 unterschieden. Bei den Angaben zur Feuchtigkeit muss der Drucktaupunkt min. 10 K niedriger als die Mediumstemperatur sein. Die Ölklassen aus dem VDMA Einheitsblatt werden als Richtgröße genommen und sollten erfüllt werden.

Zusätze zu den Anwendungen:

Ist eine sterile Verpackung gefordert, muss die in der Tabelle angegebene Reinheitsklasse erreicht und ein Sterilfilter nachgeschaltet werden.

Hinweis: Um eine Reinheitsklasse zu erreichen, werden bestimmte Wartungsgeräte kombiniert. Ist die Umgebungsluft, die zur Druckluft verdichtet wird, jedoch stark verunreinigt, müssen die vorgegebenen Wartungsgeräte teilweise erweitert werden.

3.2 Ausreichende Druckluftquantität: ausreichend Durchfluss [l/min] als Muss

Anhand einer Applikation legt der Anlagenbauer die pneumatische Maschine aus. Dabei muss er im Auge behalten, dass Technik und Betriebskosten eines Systems nur dann optimal sind, wenn jede Komponente ausreichend mit Druckluft versorgt ist.

Die von Wartungsgeräten bereitgestellten Durchflüsse bestimmen sich maßgeblich über die Durchflussquerschnitte und die konstruktive Auslegung. Vereinfacht gilt: Je größer die Abmessungen der Wartungseinheit bei gleich bleibender Konstruktion sind, desto höher sind auch die Durchflüsse. Außerdem variiert der Durchfluss bei unterschiedlichen Funktionen von Geräten. Filter stellen beispielsweise einen natürlichen Widerstand dar und begrenzen meist den Durchfluss. Sind die Wartungsgeräte bedarfsgerecht gewählt und werden die geforderten Durchflusswerte trotzdem nicht erreicht, muss man folgende Kriterien prüfen:

- Sind die Verbindungsquerschnitte zu klein?
- Stören zu lange Versorgungsleitungen, Abzweigungen oder zu kleine Verlegeradien?
- Gibt es raue Innenoberflächen oder Verschmutzungen in den Leitungen?
- Gibt es nicht entdeckte Leckagen?

Diese Hemmnisse sind die häufigsten Ursachen für zu geringe Durchflusswerte.

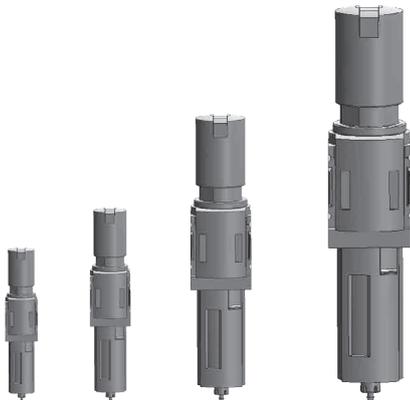


Abb. 5: Auswahl der richtigen Baugröße für den optimalen Durchfluss

3.3 Druck: der richtige Arbeitsdruck zählt

Jeder pneumatische Verbraucher ist auf einen für ihn optimalen Arbeitsdruckbereich ausgelegt. Ein zu niedriger Betriebsdruck verschlechtert den Wirkungsgrad und oft auch die Funktionsfähigkeit der Anlage. Ein zu hoher Druck erhöht den Verschleiß z. B. bei Dichtungen, führt zu einem ungünstigen Energieverbrauch und unangenehmer Geräusentwicklung.

Wer den Arbeitsdruck korrekt einstellen will, muss deshalb einen möglichen Druckabfall einkalkulieren, verursacht durch:

- Verbraucher wie Ventile, Filter, Trockner etc.
- Lange Leitungen, Abzweigungen, ungünstige Verlegeradien, raue Innenoberflächen oder Verschmutzung der Leitungen
- Nicht entdeckte Leckagen

Bei den Wartungseinheiten bestimmt das Material des Gehäuses, Stellfedern etc. den zulässigen Druck. Der Druck wird je nach Region in einer der folgenden Maßeinheiten angegeben:

1 bar = 0,1 MPa = 14,5 psi

Neben diesen drei Hauptmerkmalen gilt es verschiedene physikalische Gesetzmäßigkeiten zu berücksichtigen.



Abb. 6: Einstellung des richtigen Arbeitsdrucks für die Funktionsfähigkeit der Anlage

4. Wichtige physikalische Gesetzmäßigkeiten für die Auswahl und das Anbringen von Wartungsgeräte-Kombinationen

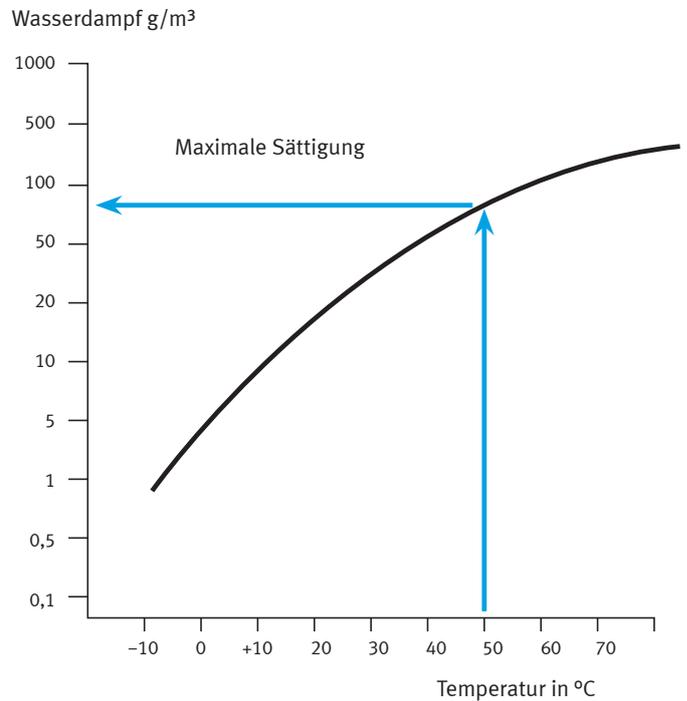
Partikel und Öle in der Pneumatik kann man weitgehend unabhängig von Temperatur und Druck betrachten. Dies gilt für die dritte Komponente Wasser nicht.

Luftfeuchtigkeit

Die Umgebungsluft enthält immer eine gewisse Menge Wasserdampf, die sich als absolute Luftfeuchtigkeit [g/m^3] messen lässt. Fällt die Temperatur unter einen bestimmten Wert oder wird die Luft stark komprimiert, gibt die Luft einen Teil dieser Feuchtigkeit in Form von Kondensat ab – ein Phänomen, das man kennen und bei der Druckluftaufbereitung zwingend berücksichtigen muss. Bei den hier betrachteten Druckluftanwendungen wird generell mit der Komprimierung der Umgebungsluft die maximale Luftfeuchtigkeit [g/m^3] überschritten und Kondensat fällt ab. Auch wenn sich in punkto Luftfeuchtigkeit die örtlichen Gegebenheiten zum Teil stark unterscheiden, bleibt die Auswahl der Wartungsgeräte die gleiche. In tropischen Ländern fällt demnach bei der Druckluftaufbereitung lediglich mehr Kondensat ab als in kontinentalen Klimazonen.

- Absolute Luftfeuchtigkeit [g/m^3] ist die in normaler Umgebungsluft tatsächlich enthaltene Wassermenge
- Max. Luftfeuchtigkeit [g/m^3] ist die maximale Menge Wasserdampf, die von der Luft bei einer bestimmten Temperatur aufgenommen werden kann.
- Relative Luftfeuchtigkeit [%] ist das Verhältnis von absoluter zu maximaler Luftfeuchtigkeit.

Beispiel: Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % und einer Temperatur von 50 °C können maximal 82,3 g/m^3 in der Luft enthalten sein.

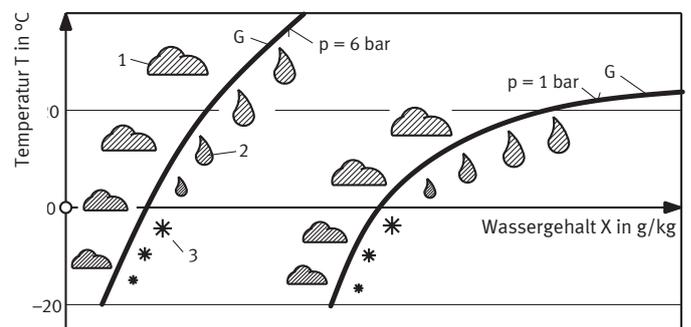


Temperatur °C	-20	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90	100
Wasserdampf max. g/m^3	0,9	2,2	4,9	6,8	9,4	12,7	17,1	30,1	82,3	196,2	472	588

Abb. 7: Max. Luftfeuchtigkeit: Maximale Sättigung bei entsprechenden Temperaturen

Drucktaupunkt

Noch wichtiger für die korrekte Auslegung der Wartungsgeräte-Kombination ist das Wissen um den Drucktaupunkt. Dieser definiert die Temperatur, auf welche die Druckluft abgekühlt werden kann, ohne dass enthaltenes Wasser kondensiert. Die relative Luftfeuchtigkeit beträgt dann 100 %. Wird dieser Drucktaupunkt unterschritten, bildet sich Kondensat. Auch bei einer anschließenden Erhöhung der Temperatur bleibt dieses Kondensat erhalten, was zur Korrosion der Bauteile führen kann. Deshalb finden sich in einer Wartungsgeräte-Kombination Trockner, die den Drucktaupunkt nach unten verschieben.



- 1 Ungesättigte feuchte Luft
- 2 Flüssigkeitsnebel
- 3 Eisnebel
- T Mediumtemperatur
- X Wassergehalt je Kilogramm Luft
- G Grenzkurve

Abb. 8: Grenzkurve nach Aggregatzuständen (Quelle: M. Zindl und T. Engelfried)

5. Welches Wartungsgerät regelt was? Ein Überblick.

Die verwirrende Vielfalt an Wartungsgeräten gibt es aus gutem Grund. Im Folgenden sehen Sie, welchen Beitrag jede Komponente zu einer perfekten Druckluftaufbereitung leistet.

Manuelle oder elektrische Einschaltventile

öffnen und schließen die Luftzufuhr einer Anlage. Um unvorhergesehene Bewegungen oder Kräfte in einer abgeschalteten Anlage zu vermeiden, entlüftet das Ventil gleichzeitig mit dem Schließen.

Druckaufbauventil

Nach einem Anlagenstillstand bauen diese Ventile den Druck langsam auf. Erst ab einem definierten Punkt schalten sie den vollen Druck durch. Nachgeschaltete Arbeitsgeräte wie Zylinder nehmen so ihre Ausgangsstellung sicher bzw. Material schonend langsam und nicht schlagartig ein.

- Pneumatische Druckaufbauventile öffnen vollständig, sobald ca. 50 % des Eingangsdrucks erreicht sind.
- Elektrische Druckaufbauventile werden anwendungsspezifisch vollständig durchgeschaltet, wenn nachgeschaltete Komponenten beispielsweise die Endlagenposition erreichen.

Wasserabscheider

entfernen Kondensat aus den Druckluftleitungen. Besonders bei großen Entfernungen zwischen Kompressor und Wartungseinheit oder wenn viel Kondensat im Druckluftnetz ist, sind sie wichtig. Wasserabscheider werden als Zyklonabscheider oder mittels des Koaleszenzprinzips realisiert. Ein Zyklonabscheider, z. B. aus dem Programm von Festo, versetzt die Luft in eine Drehbewegung. Die Zentrifugalkräfte, welche auf die Teilchen wirken, beschleunigen diese radial nach außen. Dort fließen sie an der Schale ab. Dabei werden Wassertröpfchen sowie Staub- oder Schmutzpartikel $> 50 \mu\text{m}$ gefiltert. Dieses Verfahren benötigt keine Wartung.

Im Unterschied dazu wird beim Koaleszenzprinzip nach dem Prinzip der Feinfilter ein Filter von innen nach außen durchströmt. Diese Filterpatrone muss regelmäßig ausgetauscht werden. Wie beim Feinfilter darf dessen maximaler Durchfluss nicht überschritten werden.

Filter

Sie dienen zur Filterung von Partikeln, Kondensat und Öl in der Druckluft, um pneumatische Komponenten zu schützen und definierte Reinheitsklassen zu erreichen.

- Grobfilter verfügen über eine Porenweite von 5 bis $40 \mu\text{m}$. Die Filterpatrone wird von außen nach innen durchströmt und mit dem Prinzip des Zyklonabscheiders kombiniert.
- Fein- und Feinfilter können Partikel kleiner $1 \mu\text{m}$ zurückhalten. Die Filterpatronen werden von innen nach außen durchströmt. Feste Partikel setzen sich in der Filterpatrone fest und verstopfen diese. Flüssige Teilchen wie Kondensat oder Öl koaleszieren bzw. verbinden sich zu größeren Tropfen, die abfließen und in der Filterschale aufgefangen werden. Bei diesen Filtern ist es essentiell, den angegebenen Durchflussbereich einzuhalten. Durch einen erhöhten Verbrauch – beispielsweise durch zusätzliche Zylinder – kann es zu einer Überschreitung des maximalen Durchflusses kommen. Mit dem Durchfluss steigt die Strömungsgeschwindigkeit, wodurch die zu filternden Schadstoffe mitgerissen werden. Die angegebene Reinheitsklasse ist somit nicht mehr gewährleistet. Auch bei einer Unterschreitung des Durchflusses können die Schadstoffe nicht wie vorgesehen vom Filter zurückgehalten werden. Das Einhalten des Durchflusses und eine gegebenenfalls größere Auslegung der Produkte reduzieren dabei den Druckabfall der Filter.

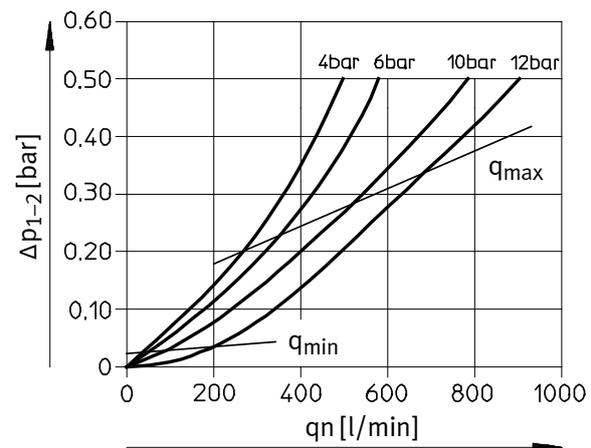


Abb 9: Damit Fein- und Feinfilter optimal wirken, muss der Durchfluss (q_n) immer zwischen Minimum und Maximum liegen.

- Aktivkohlefilter binden Kohlenwasserstoffreste, Geruchs- und Geschmacksstoffe sowie Öldämpfe.
- Sterilfilter sorgen für sterile und keimfreie Luft.

Strömungstechnisch stellen Filter einen Widerstand dar und limitieren oft den Durchfluss einer Wartungsgeräte-Kombination.

Druckregelventile

Druckregelventile regeln den Betriebsdruck einer Anlage konstant und gleichen Druckschwankungen aus. Bei direktgesteuerten Reglern wird die Hauptfeder über einen Handknauf eingestellt. Diese drückt den Regelkolben nach unten und gibt den Durchfluss frei. Sie sind eine preiswerte Alternative zu den durchflussstarken vorgesteuerten Reglern. Diese regeln den Kolben oder die Membran über ein Luftpolster.

Soll eine Wartungseinheit verschiedene Anwendungen mit unterschiedlichen Drücken bedienen, greift man zum blockbaren Regler. Bei ihm bleibt der Druck in Axialrichtung von p1 zu p1 unverändert. Über den Ausgang p2 gibt er den eingestellten Druck nach hinten aus.

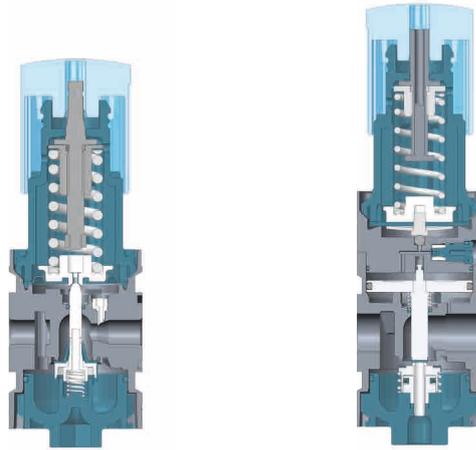


Abb 10: Direktgesteuerter Regler

Abb 11: Vorgesteuerter Regler

Trockner

In der Praxis gibt es drei verschiedene Verfahren zum Trocknen von Druckluft.

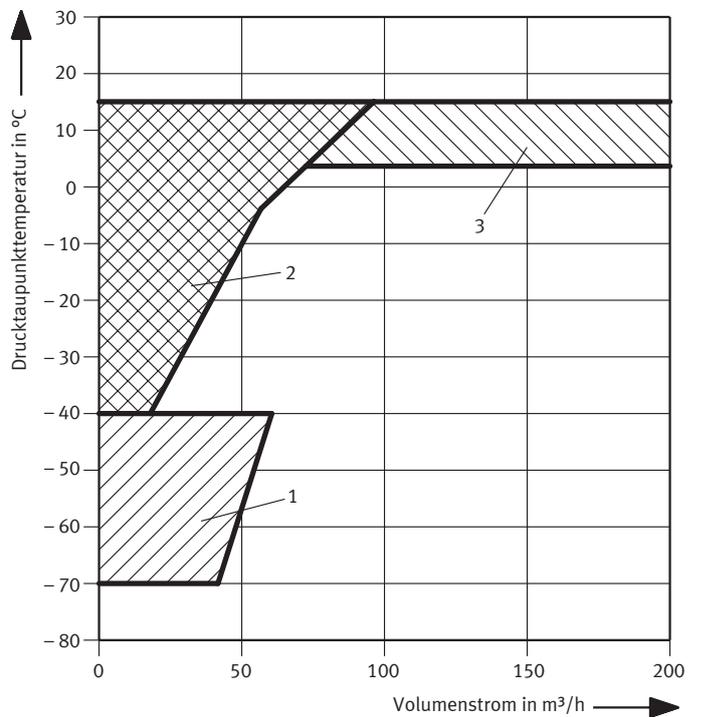


Abb. 12: Anwendungsbereiche von Trocknerarten
(Quelle: Hoerbiger-Origa)
1 Adsorptionstrockner
2 Membrantrockner
3 Kältetrockner bis 1000 m³/h

• Kältetrockner

Generell sollte nach jedem Kompressor ein Kältetrockner platziert werden. Die Luft wird in einem Kühlaggregat bis knapp über den Gefrierpunkt abgekühlt und das ausfallende Kondensat abgeleitet. Um Energiekosten zu sparen, erfolgt ein Wärmeaustausch zwischen der kalten getrockneten Luft und der warmen zu trocknenden Luft. Der Drucktaupunkt liegt nun bei ca. +3 °C. Da die Sicherheitsreserve zum Drucktaupunkt 10 K betragen sollte, ist dies ausreichend für Anlagen, bei denen die Betriebstemperatur nicht unter 13 °C sinkt.

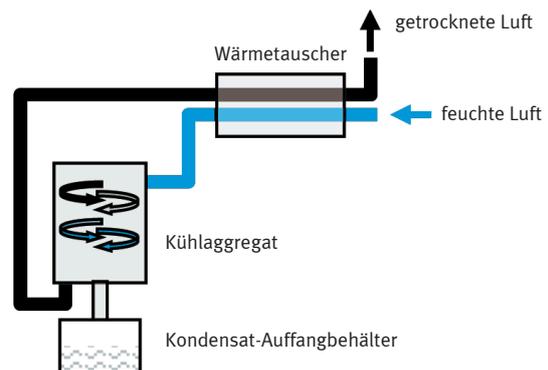


Abb. 13: Prinzip des Kältetrockners

- Membranrockner

senken den Drucktaupunkt. Bei Membranrocknern von Festo wird der Drucktaupunkt beispielsweise um 20 K abgesenkt. In einem Bündel parallel liegender Hohlfasern strömt die Luft in Längsrichtung durch. Dabei diffundiert Wasserdampf aufgrund eines Partialdruckgefälles vom Faserinneren zum Faseräußeren und wird mittels Spülluft abgeleitet. Durch die Spülluft hat der wartungsfreie Trockner einen gewissen Eigenluftverbrauch.

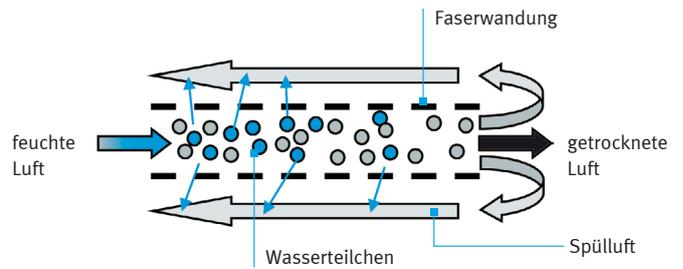


Abb. 14: Prinzip des Membranrockners

- Adsorptionstrockner

werden eingesetzt, wenn Drucktaupunkte bis -70 °C erreicht werden müssen. Die Trockner binden Gas- oder Dampfmoleküle durch molekulare Kräfte an ein Trockenmittel. Da dieses regenerationsfähig ist, werden zwei Trockenkammern benötigt: Während in der einen die Trocknung erfolgt, hat das Trockenmittel in der anderen Kammer Zeit zur Kalt- oder Warmregeneration. Bei Geräten mit Kaltregeneration, wie Festo sie anbietet, wird ein Teil der getrockneten Luft verwendet, um das Adhäsionsmittel zu trocknen. Bei der Warmregeneration verdunstet das Wasser über Wärmezufuhr. Das Trocknungsmittel muss regelmäßig getauscht werden.

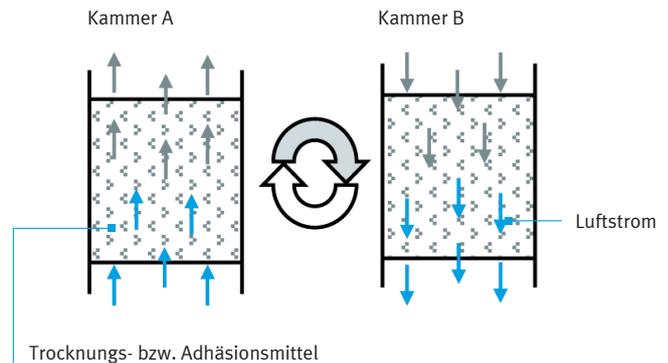


Abb. 15: Prinzip des Adsorptionstrockners

Bei Membran- und Adsorptionstrockner gilt: Je höher der Eingangsdruck, desto besser der Wirkungsgrad. Deshalb sollte der Eingangsdruck möglichst hoch sein. Zudem erfordert die nachfolgende Verbindungstechnik eine gewisse Aufmerksamkeit: Bestimmte Verbindungsmaterialien wie beispielsweise Hanfverbindungen bei Rohren sind zwar luftdicht, können jedoch Wasser aus der Umgebungsluft anziehen und in das System leiten.

Öler

hatten in der Vergangenheit die Aufgabe, nachgelagerte pneumatische Komponenten zu schmieren. Durch optimierte Schmierfette in Ventilen und Antrieben ist dies im Regelfall unnötig. Allerdings gilt: „Wer einmal geölt hat, muss immer ölen“, denn Öle waschen die Schmierfette der Komponenten aus. Hinweis: Eine Überölung führt zur Verstopfung von Schalldämpfern oder anderen pneumatischen Elementen.

Abzweigmodul

Ein Abzweigmodul verfügt über mehr als zwei Anschlüsse. Es ist als Zwischen- oder Endabgang unterschiedlicher Luftreinheiten oder als Träger von Zusatzmodulen einsetzbar. Das Abzweigmodul kann ohne oder mit integriertem Rückschlagventil bestellt werden. Diese Funktion verhindert den Rückfluss z. B. von geölter Druckluft.

6. Erweiterte Funktionalitäten:

Drucksensoren

überwachen einen eingestellten Druck, um ein definiertes Arbeitsergebnis beispielsweise beim Spannen von Werkzeugen zu gewährleisten.

Differenzdrucksensoren

messen den Druckabfall z.B. bei Fein- und Feinstfilter. Bei diesen lässt sich so bestimmen, ob ein Austausch der Filterpatrone erfolgen soll.

Durchflusssensoren

messen den Durchfluss und überwachen so beispielsweise den Energiebedarf des Systems.

Manometer

zeigen den Druck analog an. Hinweis: Die bei Wartungseinheiten eingesetzten Manometer dürfen nur zu 2/3 der Anzeigeskala belastet werden, sonst wird die Messzelle beschädigt.

Kondensatablass

als Bestandteil eines Filters, Filterreglers oder Wasserabscheiders gibt es in drei Varianten:

- Manuell: Kondensatablass wird von Hand betätigt
- Halbautomatisch „normally open“: öffnet, sobald die Druckluft abgeschaltet ist.
- Vollautomatisch „normally open“: öffnet, sobald die Druckluft abgeschaltet oder ein gewisser Füllstand erreicht ist.
Vollautomatisch „normally closed“: öffnet, sobald die Druckluft angeschaltet und ein gewisser Füllstand erreicht ist.

Trendthemen und neue Technologien:

Sicherheitsventile MS..-SV.. mit Druckaufbau und Entlüftungsfunktion

Das zweikanalige Sicherheitsventil wie z.B. MS6-SV-E von Festo nach ISO 13849-1 dient dem sanften Druckaufbau und dem schnellen, sicheren Entlüften.

Energie-Effizienz-Modul MSE6-E2M

Ein Energie-Effizienz-Modul wie das MSE6-E2M von Festo schaltet bei Anlagenstillstand die Druckluftzufuhr zur Maschine ab – und verhindert so zusätzliche Verschwendung durch etwaige Leckagen in der Maschine. Analog zur Start-Stopp-Automatik im modernen Automobil wird somit im Stillstand die Energiezufuhr gesperrt. Zudem lassen sich gleichzeitig wichtige Betriebsparameter der Anlage wie Durchfluss und Druck im Interesse einer prozesssicheren Produktion überwachen.

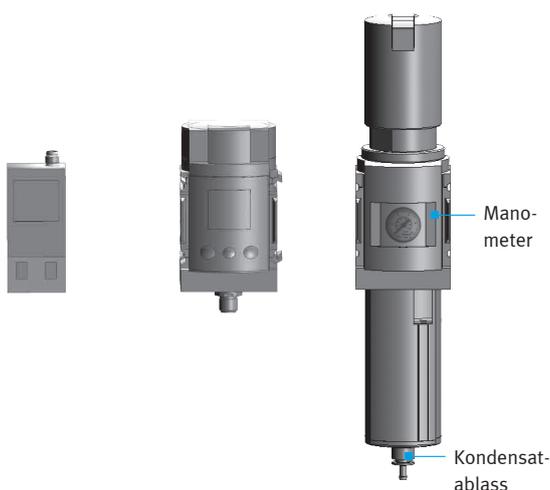


Abb. 16:
Drucksensor/
Differenzdruck-
sensor

Abb. 17:
Durchflusssensor

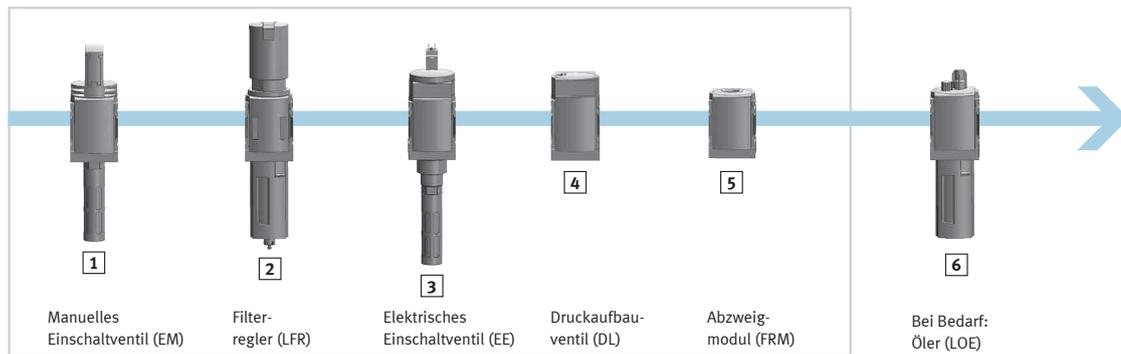
Abb. 18:
Manometer und
Kondensatablass
am Filterregler

7. Wartungsgeräte richtig kombinieren:

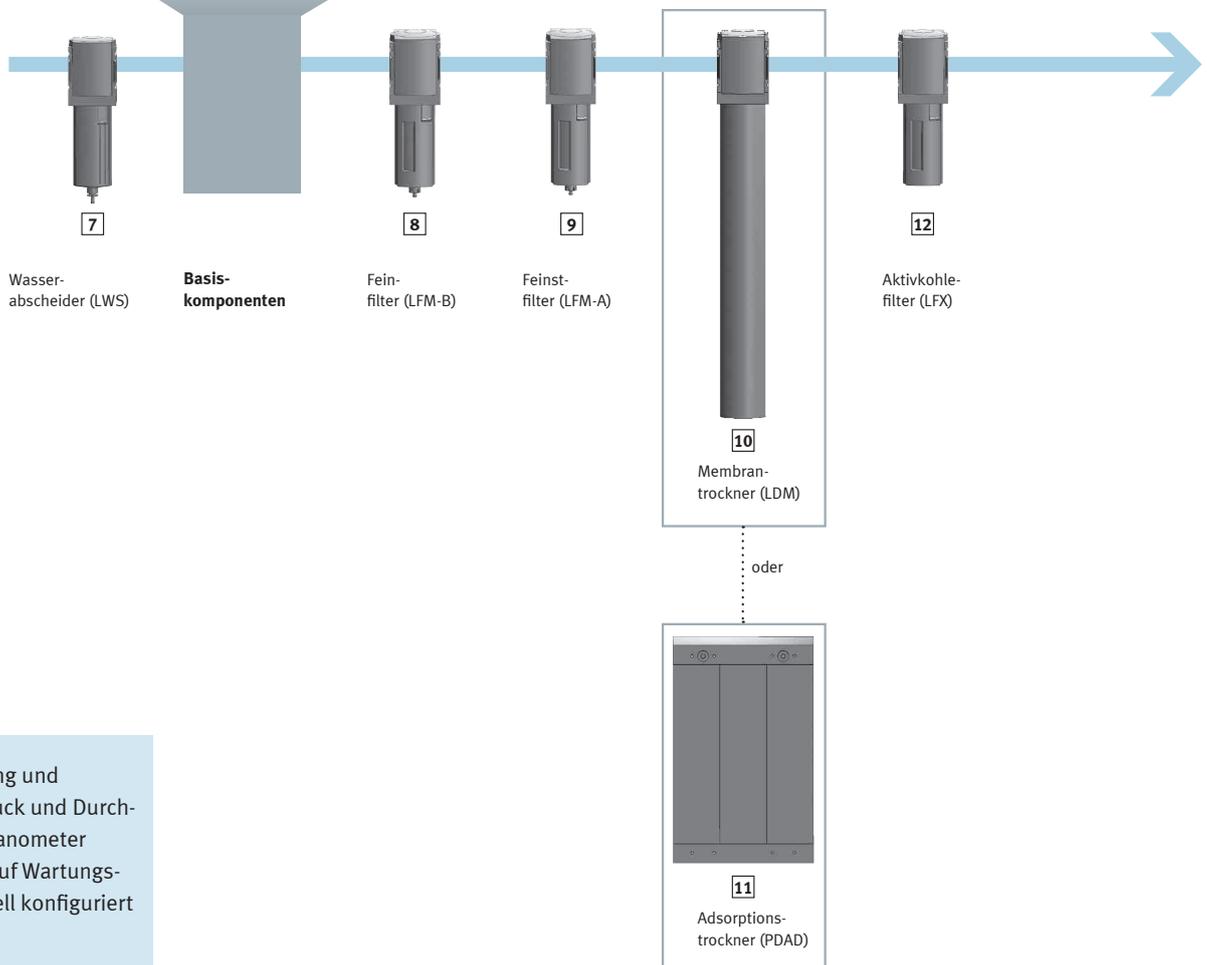
Welche Komponente kommt an welcher Stelle? Eine Empfehlung.

Hinweis: Es gibt verschiedenste Möglichkeiten, Wartungsgeräte aufzubauen. Die Anordnung hängt vor allem von den anwendungsspezifischen Kriterien ab. Im Folgenden ist eine mögliche Struktur aufgebaut.

Wartungsgeräte-Kombination für Aufgaben in der Standardpneumatik zum Betrieb von Ventilen und Zylindern – Basiskomponenten



Wartungsgeräte-Kombination für Aufgaben, die höhere Reinheitsklassen erfordern



Für Überwachung und Anzeige von Druck und Durchfluss können Manometer und Sensoren auf Wartungsgeräte individuell konfiguriert werden.

1 Manuelles Einschaltventil

Es trennt die nachgelagerte Einheiten vom Druckluftnetz ab, ermöglicht deren Wartung und bildet daher generell das erste Gerät einer Einheit.

2 Filterregler

Er vereint Filter- und Reglerfunktion in einem Gerät.

Grobfilter

Diese werden möglichst weit vorne in der Wartungsgeräte-Kombination platziert, um die nachgelagerten Module zu schützen.

Druckregelventil bzw. Regler

Er regelt einen definierten Druck. Um die Maschine bedarfsgerecht mit Druck versorgen zu können sollte der Druckabfall nach dem Regler gering gehalten werden. Da der Grobfilter einen Druckabfall bewirkt, ist dieser in der Regel vorgeschaltet.

3 Elektrisches Einschaltventil

Dieses sollte zum eigenen Schutz einem Grobfilter nachgelagert sein. Beim Einsatz von Fein- und Feinstfiltern wird das Einschaltventil diesen vorgelagert, um mögliche Öle und Partikel des Einschaltventils zu filtern. Zudem wird das Ventil oftmals nach dem Regler angeordnet, damit die Druckluft beim Entlüften nicht über den Regler geleitet werden muss.

4 Druckaufbauventil

Es ist generell nach dem elektrischen Einschaltventil platziert. Ein Druckaufbauventil darf niemals Produkten mit vollautomatischem oder halbautomatischem Kondensatablass „normally open“ vorgelagert sein. Sonst wird die Druckluft dauernd über den Kondensatablass ausgeblasen. Der erforderliche Druck zum Durchschalten des Druckaufbauventils bzw. zum Schließen des Kondensatablasses würde dann nicht erreicht werden.

5 Abzweigmodul

Es gibt keine bevorzugte Einbauposition. Diese kann sogar nach dem Sicherheitsventil liegen.

6 Öler

Öler sollten möglichst direkt vor dem jeweiligen Verbraucher installiert werden, um das Öl nicht unnötig durch die Anlage zu transportieren. Oft werden Öler mit einem Filterregler kombiniert. Sie sind aber nicht vor Fein- und Feinstfiltern sowie Durchflusssensoren zu platzieren. Hinweis: Durch optimierte Schmierfette in Ventilen und Antrieben ist ein Öler im Regelfall unnötig. Allerdings gilt: „Wer einmal geölt hat, muss immer ölen“, denn Öle waschen die Schmierfette der Komponenten aus.

7 Wasserabscheider

An erster Position schützen sie manuelle Einschaltventile vor Wasser und groben Schmutzpartikeln. An zweiter Position nach dem manuellen Einschaltventil lassen sie sich von der Druckluftversorgung abtrennen. Damit kann man auch die Wasserabscheider warten, z.B. ihre Schale reinigen.

8+9 Fein- und Feinstfilter

Ihnen ist bei Festo immer mindestens ein 5 µm Grobfilter vorgeschaltet. Sie sind generell weit hinten zu platzieren, denn sie filtern mögliche Partikel und Öle vorhergehender Geräte.

10+11 Adsorptionstrockner und Membrantrockner

Adsorptionstrockner

Auch hier ist eine herstellerabhängige Vorfilterung notwendig. Bei Festo sind dies ein 5 µm Grobfilter und der im Lieferumfang enthaltene 0,01 µm Feinstfilter, der das Granulat schützt. Im Adsorptionstrockner ist zur Nachfilterung ein 1 µm Feinfilter integriert. Für eine bessere Partikelklasse wird der 0,01 µm Feinstfilter und für eine bessere Ölklasse der Aktivkohlefilter nachgeschaltet.

Membrantrockner

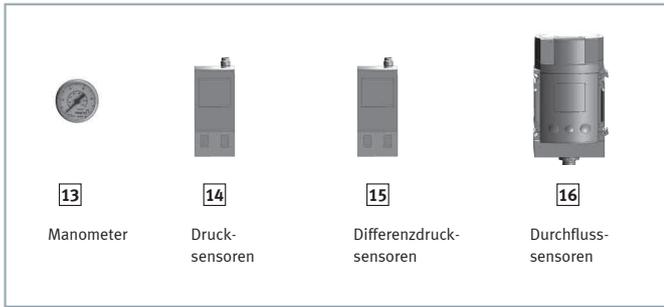
Er benötigt eine vom Hersteller definierte Vorfilterung. Bei Festo wird mindestens eine Filterung mit 5 µm und 0,01 µm gefordert. Für eine bessere Ölklasse wird der Aktivkohlefilter nachgeschaltet.

In der Regel werden Membrantrockner sowie Adsorptionstrockner nach dem Regler platziert. So kann zum Beispiel der Filterregler eingesetzt werden und man benötigt nicht die Einzelmodule Grobfilter und Regler. Allerdings verzeichnen Trockner bei höheren Eingangsdrücken einen höheren Wirkungsgrad. Für einen optimierten Einsatz der Trockner wird ein Eingangsdruck von mindestens 6,9 bar empfohlen. Wenn das Druckluftnetz dies erfüllt, der Regler jedoch einen geringeren Druck regelt, gilt zu evaluieren, ob der Regler dem Trockner nachgeschaltet werden soll. Dieser Regler kann jedoch Partikel und Öl in das Netz einspeisen. Wenn eine entsprechende Reinheitsklasse erforderlich ist, sollte dem Regler ein 0,01 µm Feinstfilter bzw. Aktivkohlefilter nachgeschaltet werden.

12 Aktivkohlefilter

Auch hier ist eine herstellerabhängige Vorfilterung erforderlich. Bei Festo z. B. muss mindestens ein 5 µm und 0,01 µm Filter vorgeschaltet sein.

Für Überwachung und Anzeige von Druck und Durchfluss



13 Manometer

Sie können beliebig an den Wartungsgeräten angebracht werden.

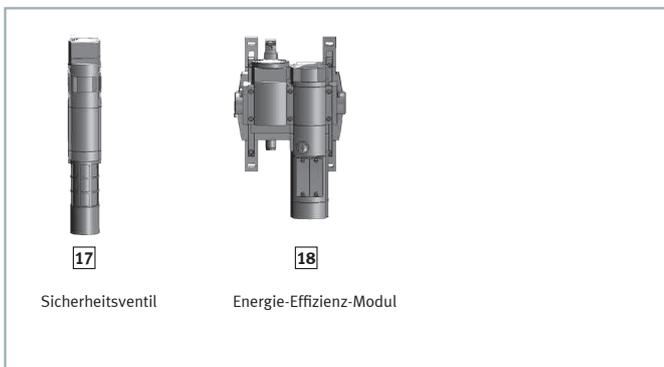
14+15 Druck- und Differenzdrucksensoren

Auch sie lassen sich bedarfsgerecht auf den Wartungsgeräten konfigurieren.

16 Durchflusssensoren

Sind eigenständige Wartungsgeräte, die nicht direkt nach einem Regler bzw. Filterregler eingesetzt werden dürfen. Die Verwirbelungen, die diese Geräte erzeugen, beeinflussen die Messgenauigkeit des Sensors. Zudem muss zum Schutz dem Durchflusssensor von Festo z.B. ein Filter mit 40 µm vorgeschaltet werden. Ein Öler vor dem Durchflusssensor ist in keinem Fall zulässig.

Trendprodukte Energie und Sicherheit



17 Energie-Effizienz-Modul

Im Allgemeinen bringt man es dezentral nach der Wartungseinheit an. Da es einkanlig ist, bleibt der Anlagenabschluss jedoch zwingend dem Sicherheitsventil vorbehalten.

18 Sicherheitsventil mit Druckaufbau- und Entlüftungsfunktion

Das zweikanalige Sicherheitsventil ist immer am Ende der Anlage zu installieren. An dieser Position wird es nicht von nachgeschalteten Wartungsgeräten beeinflusst.

8. Tipps für Ihre Druckluftaufbereitung

Tipp 1

Machen Sie sich fit in punkto Druckluftaufbereitung. Es lohnt sich: Sie ist essentiell für einen sicheren Produktionsprozess. Eine bedarfsgerechte Druckluftaufbereitung erhöht die Lebensdauer von Komponenten, und die Anlagenverfügbarkeit deutlich. In der Druckluft enthaltene Partikel, Wasser und Öle können zu mechanischem Abrieb, Korrosion und Verstopfung führen.

Tipp 2

Berücksichtigen Sie für die Auswahl einer Wartungsgeräte-Kombination immer drei Faktoren: passende Druckluftreinheit, ausreichender Durchfluss und bedarfsgerechter Druck.

Tipp 3

Stellen Sie sicher, dass der Drucktaupunkt 10 K unter der niedrigsten Umgebungstemperatur liegt. Damit bleibt Ihre Anlage kondensatfrei und Sie reduzieren eine Korrosion von Bauteilen.

Tipp 4

Berücksichtigen Sie, dass Druckluftaufbereitung aus einer Vielzahl von Arbeitsschritten besteht. Deshalb umfasst die Druckluftaufbereitung verschiedene Module: zum Einschalten, Druckaufbau, Filtern, Regeln, Trocknen und Ölen. Diese werden anwendungsspezifisch genutzt.

Tipp 5

Platzieren Sie für einen optimierten Einsatz die Komponenten in Ihrer Wartungsgeräte-Kombination nach den anwendungsspezifischen Regeln wie in Kapitel 6 beschrieben. Im Zweifelsfall sollten Sie für eine optimale Kombination einen Experten zu Rate ziehen.

Herausgeber/Autor:

Festo AG & Co. KG
Adeline Konzelmann
Produktmanagement Air Supply

Technical Product Support:

Milorad Garic
E-Mail: milorad.garic@festo.com

www.festo.com