

Pulsierende Druckschwankungen im Druckluftnetz

Auswirkung und Abhilfe beim Einsatz von öleingespritzten Kompressoren

(Erschienen in der Fachzeitschrift „Verkehr und Technik Erich Schmidt Verlag“ Ausgabe 02.01)

- 1.0 Allgemein
- 2.0 Auswirkungen von Funktionsstörungen
- 3.0 Ursache von Funktionsstörungen
 - 3.1 Trocknerbetrieb
 - 3.2 Entölelement
 - 3.3 Druckluftkondensat
- 4.0 Ursachen- und Symptombekämpfung
 - 4.1 Ursachen- und Symptombekämpfung durch ein Druck- Dämpfungs- Ventil
- 5.0 Restölgehalt der Druckluft
 - 5.1 Druck- und Energieverlust
 - 5.2 Druckverlust am Druck- Dämpfungs- Ventil

Kontaktadresse

1. Allgemein

Drucklufterzeugung in Personenbeförderungsmitteln (S- und U-Bahnen, Vollbahn und Bussen) wird zunehmend durch Kompressoren mit Öleinspritzkühlung realisiert.

Öleingespritzte Systeme (Schrauben -und Rotationskompressoren) benötigen zur Aufrechterhaltung des Ölkreislaufes, Ölkühlung und Ölabscheidung eine entsprechende Peripherie mit Ölvorratsbehälter, Ölkühler und Filter zur Entölung der Druckluft.

Im Gegensatz zu trocken arbeitenden Kompressoren (z.B. Kolbenkompressor) muß bei öleinspritzten Systemen die Wirkung von Einzelkomponenten des Druckluftsystems auf den Kompressor berücksichtigt werden.

Beim Einsatz eines Drucklufttrockners, der dem Kompressor nach geschaltet wird, entstehen z.B. durch dessen getaktete Arbeitsweise massive Druckeinbrüche die zu gestörter Funktion des Kompressors und damit zur Unzufriedenheit und Reklamationen von Betreiber führen.

2. Auswirkungen von Funktionsstörungen

Unterschiedliche Einsatz- (z.B. heiß, kalt, feucht, staubig etc.) und Betriebsbedingungen (Aussetz-, Leerlauf- oder Durchlaufbetrieb) führen zu unterschiedlichen Funktionsstörungen. Häufig treten bei den Betreibern Probleme auf wie:

- erhöhter Restölgehalt der Druckluft
- Verunreinigung des Druckluftnetzes mit Kompressoröl
- Benetzung des Trocknergranulates mit Kompressoröl
- hoher Ölanteil im Trocknerkondensat
- Ausfall von Druckluftkondensat innerhalb des Kompressors, bzw. vor dem Trockner.

Die Folgen sind:

- vorzeitiger Austausch der Druckluft-Entölelemente infolge Zerstörung des Filtervlieses
- Verseifung des Kompressorenöles, d.h. Neigung zur Mischreibung zwischen bewegten Teilen
- Verschiebung des Drucktaupunktes
- vorzeitiger Austausch des Trocknergranulates
- Wartungsintervalle werden schwer kalkulierbar
- Vereisungsgefahr in der Druckluftleitung vor dem Trockner

3. Ursache von Funktionsstörungen

3.1 Trocknerbetrieb

Die vom Kompressor angesaugte Luft ist infolge der durchlaufenen Volumenverkleinerung am Druckluftaustritt annähernd zu 100% mit Feuchtigkeit gesättigt. Zur Vermeidung von Korrosion und Vereisung im Druckluftnetz muss die Luft nach dem Kompressor getrocknet werden. Im mobilen Einsatzbereich erfolgt die Drucklufttrocknung üblicherweise durch Ein- oder Zweikammer - Adsorptionstrockner. Dieses Trocknerprinzip verbraucht zur Regeneration des Trockenmittels permanent einen Teil trockener Druckluft. Systembedingte Schaltvorgänge im Trockner wie

Umkehr der Behälterfunktion Trocknen/ Regenerieren und Kondensataustrag über das Entwässerungsventil erfordern kurzzeitig eine zusätzlich hohe Druckluftmenge. Die dafür erforderlichen Taktzeiten sind entsprechend den jeweiligen Einsatzbedingungen voreingestellt und liegen bei ca. 30 Sekunden bzw. 4 Minuten.

Das Puffervolumen zwischen Kompressor und Trockner in Form einer Druckluftleitung ist relativ klein. Jeder taktweise auftretende Schaltvorgang führt daher zu einem schlagartigen und drastischen Druckeinbruch. Die im Trockner entstehende Drucksenke breitet sich mit Schallgeschwindigkeit in Richtung Kompressor aus. Das auf der trockenen Seite des Trockners nachgeschaltete Druckluftnetz ist durch ein Rückschlagventil geschützt. Der Netzdruck bleibt dort konstant.

3.2 Entölelement

Vor dem Verlassen des Kompressors durchströmt die verdichtete Luft ein Filterelement wobei das Betriebsöl aus der Druckluft abgeschieden wird. Das Verfahren der Ölabscheidung verlangt eine möglichst gleichmäßige Durchströmung der Filterstrecke. Schnelle Druck- und Volumenstromänderungen führen zu unerwünschten Nebeneffekten, wie drastisch erhöhtem Restölgehalt bzw. erheblich reduzierte Lebensdauer des Filterelementes. Während der Durchströmung der Filterstrecke verbinden sich kleinste Öltröpfchen zu immer größeren Öltröpfchen. An der Filtervliesaußenfläche angelangt fallen die Öltröpfchen infolge Schwerkraftabscheidung aus dem Luftstrom. Sie werden im Ölsumpf des Filtergehäuses gesammelt und schließlich wieder in den Ölkreislauf des Kompressors zurückgeschleust. Restpartikel und gasförmige Bestandteile verbleiben in der Druckluft. Die Druckluft ist dann technisch ölfrei. Die Ölabscheidung ist prinzipbedingt mit einem kleinen permanenten Druckverlust verbunden. Ein schlagartiger Druckeinbruch führt zu einer schnellen und extremen Erhöhung der Druckdifferenz bzw. der Durchströmungsgeschwindigkeit am Filterelement. Das an der Vliesoberfläche anhaftende Öl wird infolge des Druckimpulses explosionsartig weggeschleudert und in Form von Kriechöl in Richtung Trockner transportiert. Der Restölgehalt der Druckluft steigt an. Durch die im Wechsel pulsartig auftretenden Druckeinbrüche wird das Filtervlies bis zum Aufreißen zermürbt. Die Lebensdauer wird erheblich reduziert.

3.3 Druckluftkondensat

Öleinspritzte Kompressoren arbeiten bei einer niedrigen Verdichtungsendtemperatur von ca. 80-100°C. Bei der Verdichtung von natürlich feuchter Luft ist eine zu niedrige Endtemperatur jedoch kritisch. Je höher die Ansaugtemperatur bzw. der Feuchtegehalt der angesaugten Luft, desto höher muß die End- bzw. Bauteiltemperatur gewählt werden um ein Auskondensieren von Feuchtigkeit innerhalb des Kompressors zu verhindern. Durchlauf- und Leerlaufbetrieb sind infolge der relativ konstanten Endtemperatur ideal. Kritisch ist der Aussetzbetrieb da jeder Stillstand zum Abkühlen des Kompressorhäuses führt.

Unabhängig von der Betriebsart erfolgt jedoch bei jedem vom Trockner verursachten schlagartigen Entspannung der Druckluft eine Temperaturabsenkung am Entölelement, was zu einem weiteren Kondensatausfall führen kann. Bei pneumatisch betriebenen Bohrhämmern führt z.B. das Phänomen der Temperaturabsenkung bei Entspannung von Druckluft zu Vereisungsproblemen.

3.4 Durchlaufbetrieb mit Überströmregelung

Bei Erreichen des Solldruckes wird die permanent geförderte Druckluft über einen Druckregler durch das Entwässerungsventil am Trockner in Freie abgeblasen. Jedes Abblasen führt zu einem entsprechenden Druckeinbruch hinter dem Kompressor.

4. Ursachen- und Symptombekämpfung

Nachdem Sie nun die Auswirkung von schlagartig auftretenden Druckeinbrüchen auf einen öleingespritzten Kompressor kennen, wollen wir Abhilfemaßnahmen vorstellen.

4.1 Symptombekämpfung mit Zusatzfilter und Pufferbehälter

Der Einbau von Zusatzfilter bzw. Pufferbehälter zwischen Kompressor und Trockner ist heute Praxis. Das abgeschiedene Öl und Druckluftkondensat wird in einem Sammelbehälter geleitet und muß entsorgt werden. Druckeinbrüche werden etwas reduziert bzw. gedämpft und der Trockner durch das abgeschiedene Kriechöl bzw. Kondensat entlastet. Die Lebensdauer von Entölelement und Trocknungsmittel wird etwas erhöht und die Wartungsintervalle entsprechend verlängert. Der schädliche Einfluß des pulsierenden Enddruckes bleibt jedoch bestehen.

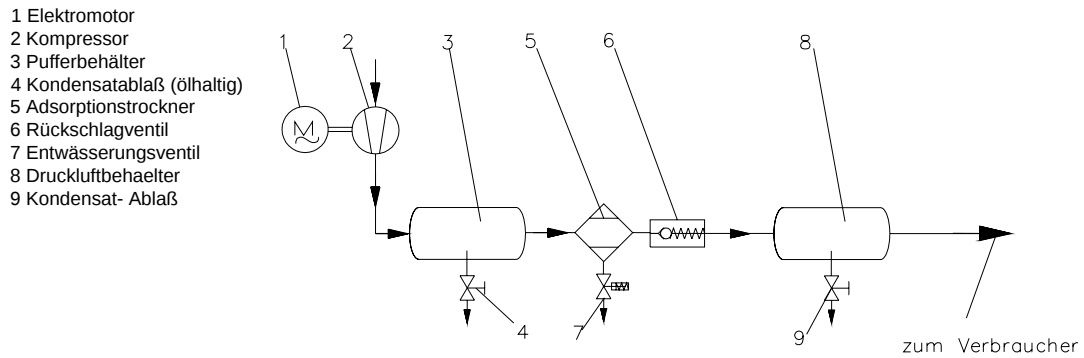


Bild 1: Schema für die Installation Pufferbehälter

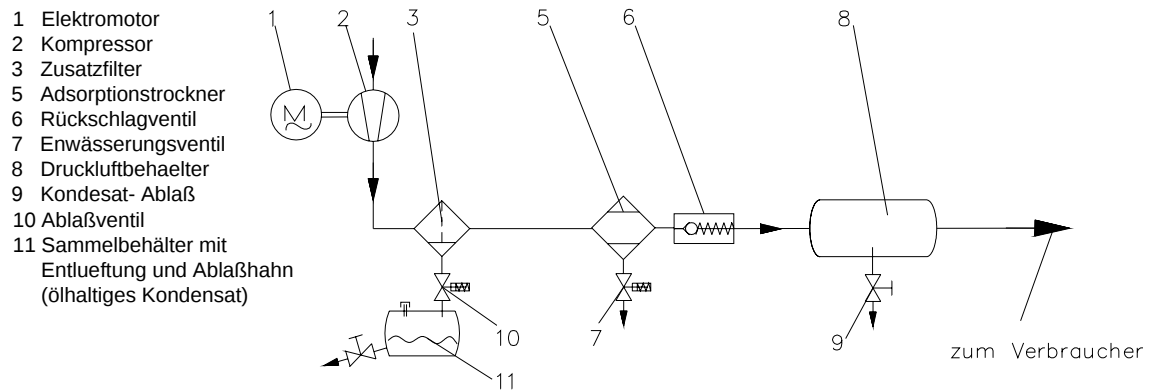


Bild 2: Schema für Installation Zusatzfilter

4.2 Ursachenbekämpfung durch ein Druck-Dämpfungs- Ventil (patentiert)

Mit der Entwicklung eines rein mechanisch funktionierenden Druck- Dämpfungs-Ventils kann erstmals die Ursache bekämpft werden. Durch den Einbau in die Druckluftleitung verdichtet der Kompressor ungeachtet der im Trockner auftretenden Drucksituation gegen einen quasi stationären Enddruck und dadurch unter optimalen Bedingungen. Das Druck- Dämpfungs- Ventil wird idealerweise direkt vor dem Drucklufteintritt des Trockners installiert. Ein plötzlicher Druckeinbruch im Trockner führt zum automatischen Schließen des Druck- Dämpfungs-Ventils. Der Verdichtungsenddruck am Kompressor verändert sich dabei nur unwesentlich. Die weiterhin vom Kompressor gelieferte Druckluft wird weiterhin über eine Ventil interne Bypassbohrung ins Druckluftnetz gefördert. Nach Beenden des Schaltvorganges wird im Trockner wieder Druck aufgebaut. Kurz vor Erreichen des Betriebsdruckes öffnet das Ventil selbstständig und gibt den vollen Strömungsquerschnitt wieder frei.

Vorteile des Druck- Dämpfungs- Ventils:

- wesentlich erhöhte Standzeit der Entölelemente
- geringere Belastung von Kompressorenbauteilen
- keine Verunreinigung von Trockner und Leitungsnetz durch Kriechöl
- keine ungeplanten Reinigungskosten für das Druckluftnetz
- Wartungsintervalle für den Kompressor werden wieder kalkulierbar
- drastisch reduzierter Ölverbrauch (Restölgehalt siehe Angaben Kompressorhersteller)
- einfache Nachrüstung des Druck- Dämpfungs- Ventils
- geringer Platzbedarf
- Druck- Dämpfungs-Ventil ist kein Wartungsteil (Einbauen und vergessen)
- längere Standzeit des Trocknungsmittels
- stabiler Drucktaupunkt
- keine Umweltbelastung durch hohen Ölaustrag mit dem Trocknerkondensat
- Abkühlung der Druckluft infolge Expansion der Druckluft wird von Kompressor zum Druck- Dämpfungs-Ventil verlagert
- reduzierte Emulsionsbildung im Kompressor

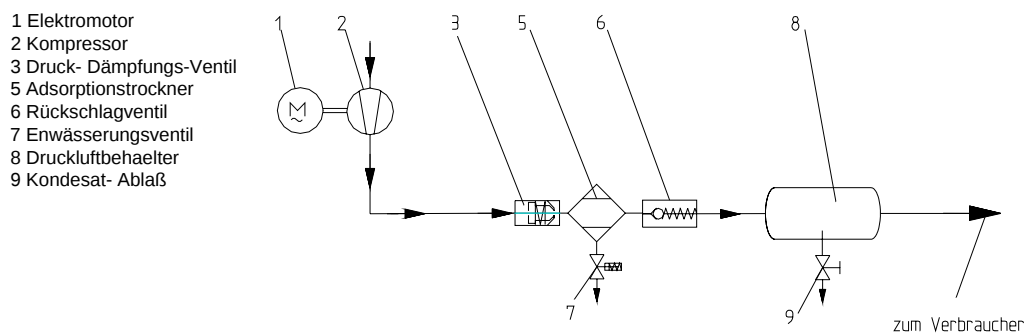


Bild 3: Schema für Druck- Dämpfungs- Ventil

5. Restölgehalt der Druckluft

Bild 3 verdeutlicht den typischen Verlauf des Restölgehaltes in der Druckluft in Verbindung mit einem nachgeschalteten Trockner bei einem Betriebsüberdruck von 10 bar. Mit eingebautem Druck- Dämpfungs- Ventil wird der vom Kompressorhersteller bei konstantem Enddruck garantierte Restölgehalt erreicht. Ohne Druck- Dämpfungs- Ventil nimmt der Restölgehalt mit der Anzahl der Trocknerschaltungen immer stärker zu.

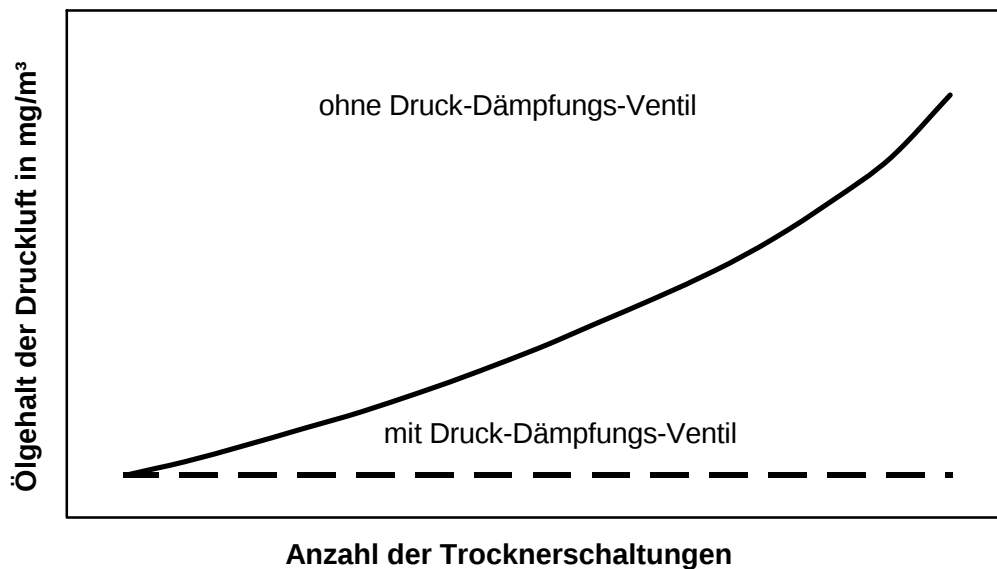


Bild 4: Ölgehalt der Druckluft, mit und ohne Druck- Dämpfungs- Ventil

5.1 Druck- und Energieverlust

Bild 4 zeigt den typischen Druckverlauf hinter dem Kompressor mit bei Einsatz von Drucklufttrocknern. Ohne Druck- Dämpfungs- Ventil muß nach einem Druckabfall das gesamte Leitungsvolumen (Druckluftleitung, Trockner, ev. Filter, ev. Pufferbehälter) wieder aufgefüllt werden. Mit Druck- Dämpfungs- Ventil nur das Trocknervolumen. Der Flächenvergleich zeigt, daß ohne Druck- Dämpfungs- Ventil ca. 90% mehr Antriebsenergie für einen Trocknerzyklus benötigt wird.

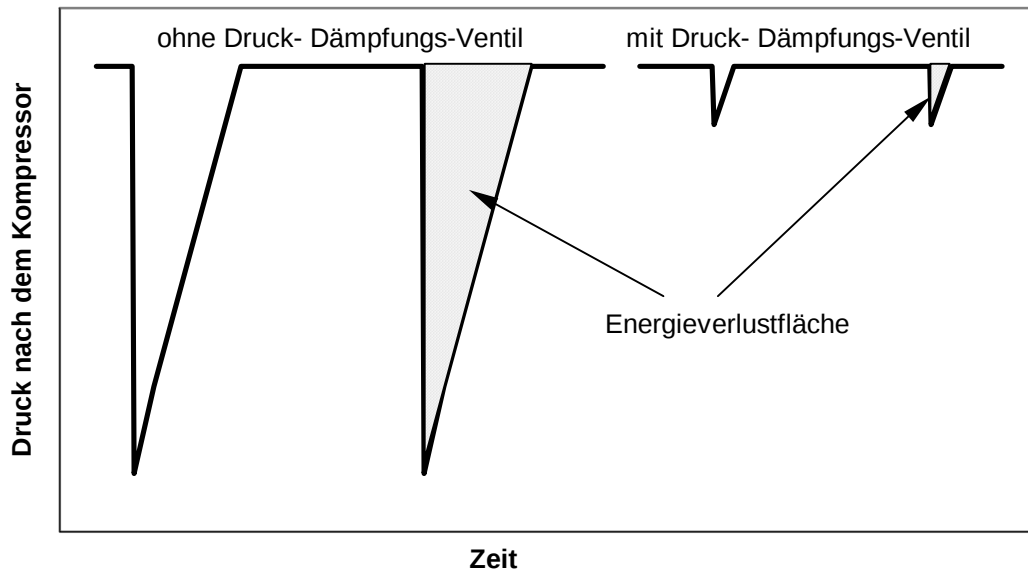


Bild 5: Druckverlauf nach dem Kompressor mit und ohne Druck- Dämpfungs- Ventil

Im Durchlaufbetrieb mit Überströmregelung ist im Gegensatz zum Trocknerbetrieb ein Absenken des Betriebsdruckes zur Energieeinsparung erwünscht. Die schlagartige Druckabsenkung hinter dem Kompressor wird hier durch eine entsprechende Dimensionierung der internen Bypassbohrung verzögert.

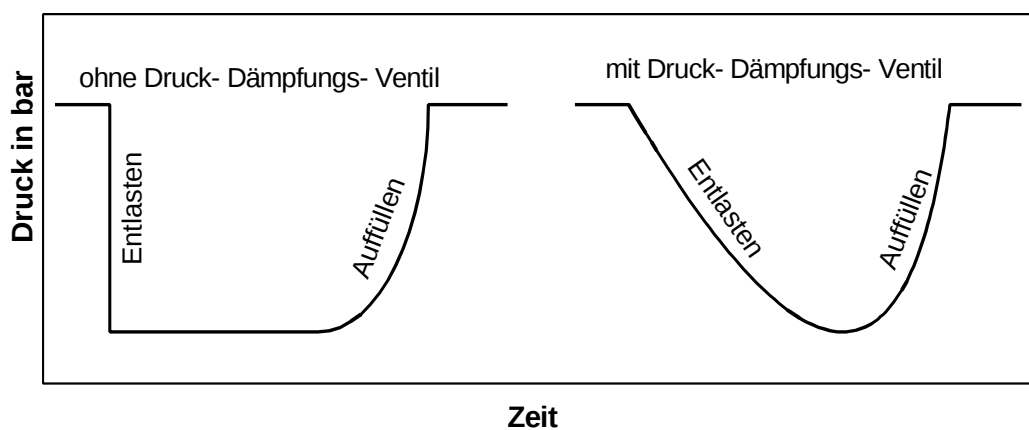


Bild 6: Druckverlauf nach dem Kompressor bei Durchlaufbetrieb mit Überströmregelung

5.2 Druckverlust am Druck- Dämpfungs- Ventil

Diagramm 6 zeigt den Gesamtdruckverlust der Druck- Dämpfungs- Ventile der Größe 1 und 2 in geöffnetem Zustand. Im Gegensatz zu einem Filter bleibt der Druckverlust über die gesamte Einsatzdauer konstant.

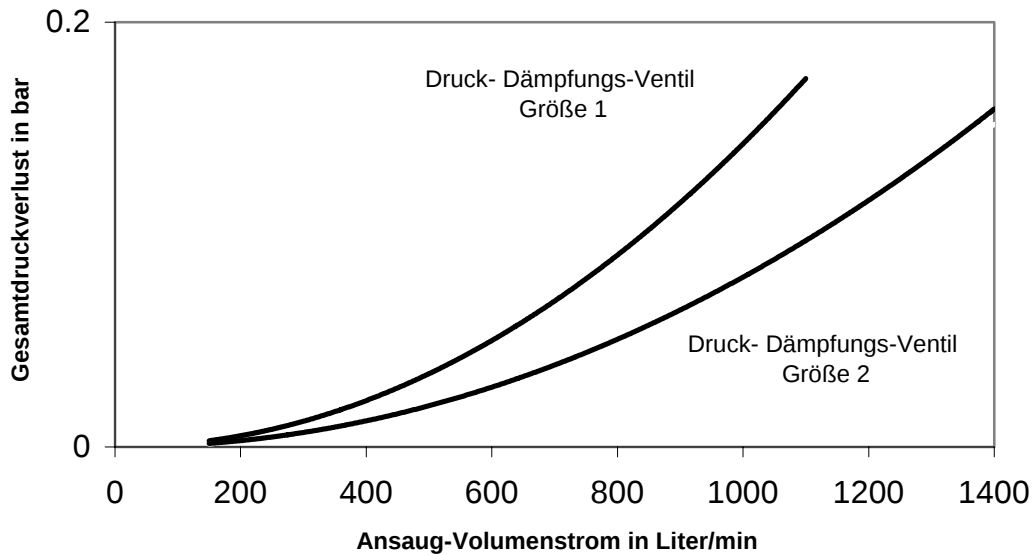


Bild 7: gesamt Druckverlust der Druck- Dämpfungs- Ventile der Größe 1 (M 22x1,5 + R1/2“) + 2 (M33x2 + R1“)



Bild 8: Zeigt in einem Größenvergleich die Kompaktheit des Druck- Dämpfungs- Ventils Größe 2 (M33x2 bzw. R 1“) (patentiert)

Der Verfasser ist in der Projektierung und Konstruktion von Druckluftanlagen / Kompressoren im mobilen und stationären Bereich tätig.