



Organ für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
Verkehrstechnik · Verkehrswirtschaft · Verkehrspolitik



ERICH SCHMIDT VERLAG

Sonderdruck

Auswahl und Projektierung der Drucklufterzeugung in Schienenfahrzeugen

Von Dieter Reinger und Hans Lütte, Rheinfelden*)

Allgemein – Schnittstellen zur Drucklufterzeugung – Definition einer Drucklufterzeugungsanlage – Volumenstrombedarf – Anforderungen an den Kompressor – Antriebsmotor – Druckluftaufbereitung – Schwingungsabkopplung – Kompressormanagement – Grundrahmen – Vorschriften und Gesetzeshinweise – Installationsbeispiele

1. Allgemein

Veränderungen der Infrastruktur in Stadt und Land führen zu neuen Anforderungen an den Schienenverkehr. In Neukonstruktionen spiegelt sich der aktuelle Trend im Lastenheft wieder. Altfahrzeuge werden durch Modernisierungsmaßnahmen auf den neusten Stand gebracht.

Kostendruck der Verkehrsbetriebe und wachsendes Umweltbewusstsein von Städten und Ländern fordert die Reduktion von Emissionen bei gleichzeitiger Erhöhung der Energieeffizienz.

Der folgende Beitrag über den Aufbau einer modernen Drucklufterzeugungsanlage, Vergleich von unterschiedlichen Kompressorenbauarten und Einbausituationen soll dem Anwender bei der Modernisierung der Druckluftanlage als Entscheidungshilfe dienen.

Kunde und Lieferant binden sich bei einer geforderten Produktlebensdauer von i.d.R. 30 Jahren über eine lange Zeit. Es ist

daher wichtig, die Unterschiede zwischen den Produkten zu erkennen und deren Vor- und Nachteile sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

2. Schnittstellen zur Drucklufterzeugung

Der Umfang der Modernisierung ist abhängig von den spezifischen Anforderungen des Verkehrsbetriebs. So sind gerade bei einer Modernisierung der Drucklufterzeugungsanlage die fahrzeugseitigen Schnittstellen vorgegeben und können, wenn überhaupt, nur unwesentlich geändert werden, da dies z.B. eine neue Abnahme zur Folge hätte. Typische Schnittstellen sind:

- Befestigungspunkte am Fahrzeugrahmen,
- Nennweite und Position der Rohrverbindung zum Bordnetz,
- Elektrische Anschlussformen und Anschlussbelegungen (Pinbelegung) für Steuerung und Hauptstrom.

Unter Berücksichtigung weiterer Begrenzungen wie Traversen im Fahrzeugrahmen sowie weiteren Aggregaten ergeben sich der Einbauraum und die Zugänglichkeit für die Wartung.

Diese starren Schnittstellen führen z.T. zu einer pragmatischen Handlungsweise der Betriebe, indem nur einzelne Komponenten der Druckluftanlage überholt oder erneuert werden. Die größten Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz bestehen jedoch, wenn die Druckluftanlage neu geplant und konzipiert wird. Zu diesem Zeitpunkt sind praktisch alle denkbaren Maßnahmen umsetzbar.

Beispiel: Der Energieverbrauch einer Druckluftanlage wird nicht allein von der Effizienz des eingesetzten Kompressors bestimmt, sondern durch das Zusammenspiel aller Anlagenkomponenten.

3. Definition einer Drucklufterzeugungsanlage

Die wesentlichen Komponenten sind (Bild 1):

- Ansaugfilter
- Kompressor
- Antriebsmotor
- Druckluftfilterung, -kühlung, -trocknung

*) Dieter Reinger und Hans Lütte, Projektierung, Konstruktion und Vertrieb Kompressoren und Druckluftsysteme für Straßen- Schienenfahrzeuge, CVS engineering GmbH, Grossmattstraße 14, D-79618 Rheinfelden, Tel.: +49 (0)7623 71741-75, Internet: www.cvs-eng.de

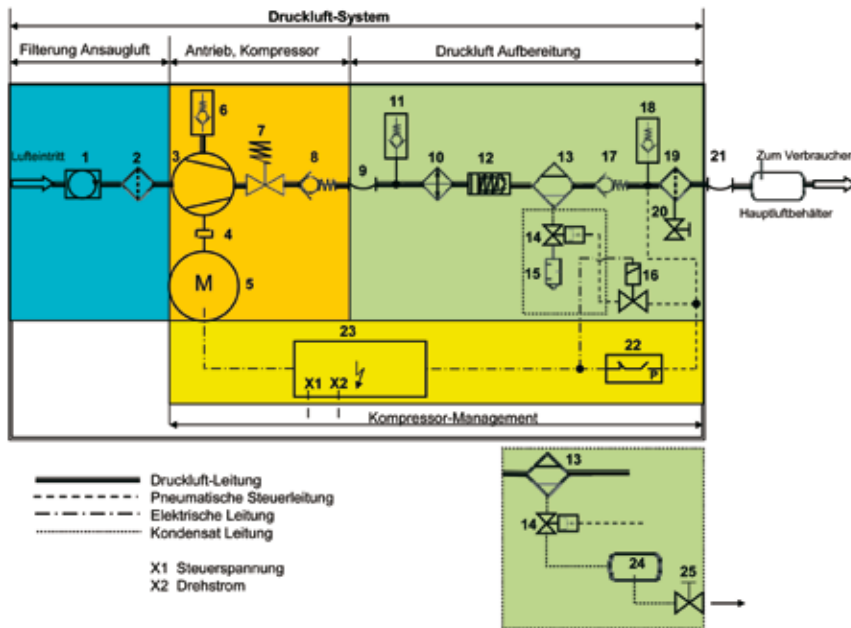


Bild 1: R & I Fließbild einer Drucklufterzeugungsanlage

1 = Vorfilter/Zyklon, 2 = Luftfilter, 3 = Kompressor, 4 = Kupplung, 5 = Antriebsmotor, 6 = Sicherheitsventil
 Kompressor, 7 = Mindestdruckventil, 8 = Rückschlagventil, 9 = Kompensator / Schlauch, 10 = Druckluft-Kühler, 11 = Sicherheitsventil, 12 = Pulsations-Dämpfungsventil, 13 = Druckluft-Trockner, 14 = Entwässerungsventil, 15 = Schalldämpfer, 16 = Steuerventil für Entwässerung, 17 = Rückschlagventil, 18 = Sicherheitsventil, 19 = Feinfilter (optional), 20 = Handablass (optional), 21 = Kompensator/Schlauch, 22 = Druckschalter, 23 = Kompressormanagement, 24 = Kondensatsammelbehälter, 25 = Handablass

- Kompressormanagement (bedarfsabhängige Kompressor- und Trocknersteuerung)
- Kondensatsammelanlage (das Kondensat ist bei ölgeschmierten Kompressoren ölhaltig; s. Kapitel 7.5)
- Aggregatrahmen zur Aufnahme der Komponenten und zur Fixierung am Fahrzeug

4. Volumenstrombedarf

Der erforderliche Volumenstrombedarf (Bild 2) ergibt sich aus der Summe von:

- Volumenstrombedarf des Fahrzeuges
 - Erfüllen der maximal zulässigen Auffüllzeit bei Fahrzeugaufrüstung
 - Erfüllen der maximal zulässigen Nachfüllzeit im Betrieb
 - Berücksichtigung der Einzelverbraucher und Gesamtvolumen der Druckluftspeicher
- Volumenstrombedarf des Drucklufttrockners (Entwässerung, Regenerationsluft)
- Volumenstromverminderung des Kompressors durch Druck- und Aufheizverluste beim Ansaugen
- Zulässige Einschalthäufigkeit des Antriebsmotors
- Zulässige Einschaltdauer des Kompressors

Wo früher lokomotivbespannte Züge den Personenverkehr bedienten, werden heute

fast ausschließlich moderne Triebzüge eingesetzt.

Bei diesen Fahrzeugen werden heute oft zwei oder mehrere einzelne Drucklufterzeugungsanlagen verwendet, welche in den Triebzügen unter Flur, auf dem Dach oder im Fahrzeug installiert sind.

Der Vorteil der redundanten Anordnung liegt in einer optimalen Volumenstrombedarfsanpassung. Während der Fahrzeugaufrüstung fördern beide Kompressoren, im Normalbetrieb bedient ein Kompressor die Grundlast, der zweite die Spitzenlast. Durch einen festgelegten Wechsel der Betriebsweise wird eine gleichmäßige Auslastung der Kompressoren erreicht. Die Umsteuerung erfolgt direkt im Kompressoraggregat oder über die übergeordnete Fahrzeugsteuerung.

Der benötigte Überdruck liegt bei allen Fahrzeuggattungen bei 8 bis 10 bar, selten bei 12 bar.

Bild 3 zeigt beispielhaft das Zusammenspiel von Grundlast- und Spitzenlastkompressor.

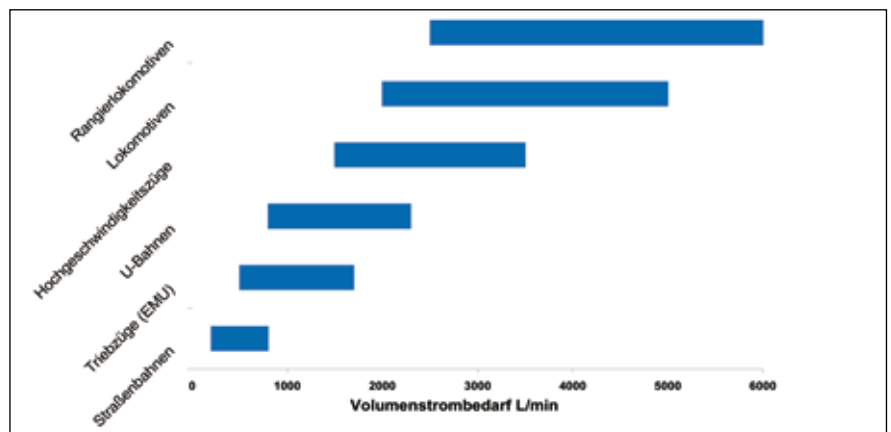


Bild 2: Volumenstrombedarf von Schienenfahrzeugen

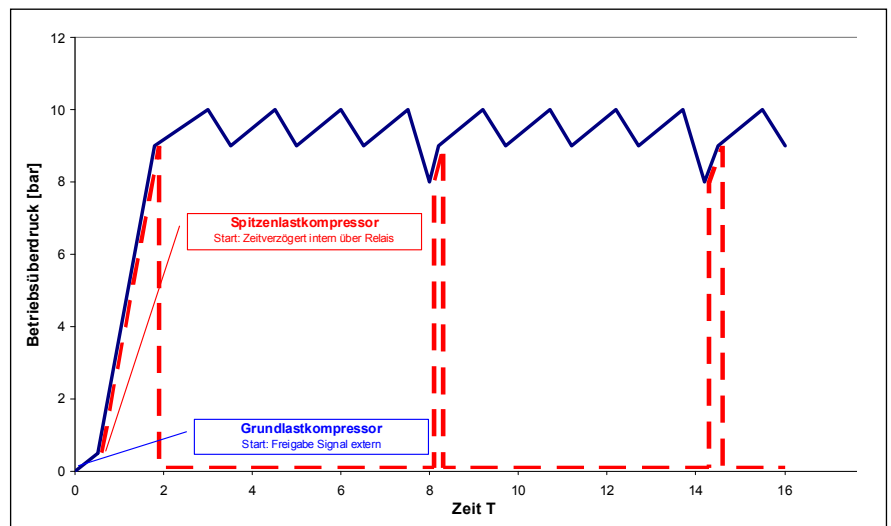


Bild 3: Beispiel für die Arbeitsweise von zwei parallel arbeitenden Drucklufterzeugungsanlagen

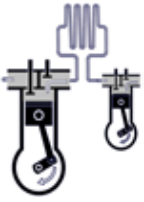
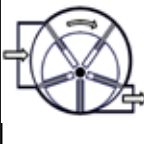
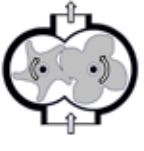
Wertung ▲ hoch ► mittel (neutral) ▼ niedrig	Kompressorbauarten			
	oszillierend		rotierend	
	Hubkolben zweistufig	Hubkolben einstufig	Einwellig Vielzellen- kompressor	Zweiwellig Schrauben- kompressor
	ölfrei	verlustöl- geschmiert	öllumlauf- geschmiert	öllumlauf- geschmiert
				
Merkmale der Kompressorbauarten				
Kaufpreis	▲	▼	►	►
Austrittstemperatur der Druckluft 2)	►	▲	▼	▼
Geräuschemission 1)	►	▲	▼	►
Eigenvibration 1)	▲	▲	▼	▼
Lebensdauer	▼	►	▲	►
Pulsation der Druckluft	▲	▲	▼	▼
Betriebsstunden bis zur ersten Generalüberholung 3)	▼	►	▲	►
Überholungskosten 3)	▲	►	▼	▲
Zugänglichkeit für Wartung	►	►	▲	▲
Druckluftqualität	▲	▼	►	►
Max. möglicher Einschaltzyklus	►	▼	▲	▲
Wartungsintervall 4)	►	►	►	►
Wartungsaufwand	▼	▲	►	▲
Gewicht	►	▼	▼	▲
Drehzahl Kompressor	▼	▼	▼	▲

Bild 4: Gegenüberstellung von Kompressorbauarten

- Beim Einsatz von Hubkolbenkompressoren ist prinzipbedingt ein höherer Aufwand zur Reduktion des Luft- und Körperschalls bzw. zur Reduktion der Druckluftaustrittstemperatur zu berücksichtigen.
- Rotierende Kompressoren sind aufgrund der Umlaufschmierung zu 100% dauerlauffest. Die Druckluftaustrittstemperatur liegt bei ca. 75 bis 90°C; die Austrittstemperatur von Kolbenkompressoren liegt ca. doppelt so hoch. Bei der Projektierung sind hier folgende Punkte zu berücksichtigen:
 - die zulässige Einschaltdauer von Kolbenkompressoren ist begrenzt
 - der Ansaugvolumenstrom von Kolbenkompressoren muss größer gewählt werden
 - leistungsabhängige Komponenten wie Kompressor- Antriebsmotor, Frequenzumrichter, Leitungsquerschnitte und elektrische Leistungsteile müssen entsprechend größer gewählt werden. Das Gewicht wird entsprechend erhöht.
- Bei zweistufigen, ölfreien Hubkolbenkompressoren liegen die Laufzeiten zwischen der Überholung bei ca. 5.000 bis 8.000 Betriebsstunden. Umlaufgeschmierte Vielzellenkompressoren erreichen 18.000 Betriebsstunden. Die Überholung ist prinzipbedingt einfach und benötigt keine speziellen Werkzeuge. Sie wird i.d.R. von den Verkehrsbetrieben selbst durchgeführt. Die Materialkosten liegen bei einem Bruchteil eines ölfreien Hubkolbenkompressors.
- Der Wartungsintervall sollte maximal 1 x jährlich sein.

5. Anforderungen an den Kompressor

Das Herz der Drucklufterzeugungsanlage ist der Kompressor. Im Schienenbereich werden ausschließlich Kompressoren nach dem Verdrängerprinzip mit trockener, verlustölgeschmierter oder öllumlaufgeschmierter Verdichtung eingesetzt. Viele Hersteller bieten modifizierte Industriekompressoren, wenige verwenden explizit für diesen speziellen Bedarf entwickelte Geräte.

Die Anforderungen an einen Bahnkompressor sind anspruchsvoller als an einen Industriekompressor.

Typische Anforderungen sind:

- Umwelteinflüsse
 - Umgebungstemperaturen (schnelle Temperaturwechsel, Tunnelfahrten mit Bauteilabkühlung)
 - Höhenlage und Strecken mit extremen Steigungen
 - Luftverunreinigung (Sand, Staub, Pollen ...), Meeresnähe, Streusalz, Wasser, Flugschnee
 - UV-Strahlung, Ozon
- Resistenz gegenüber aggressiven Reinigungsmitteln
- Belastung durch Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte
- Großzügige Wartungsintervalle
- Hohe Sicherheit gegen Austreten von Betriebsflüssigkeit

Die Verifizierung der Bahnkompressoren bzw. der gesamten Drucklufterzeugungsanlage erfolgt durch:

- Klimakammertest (z.B. Umgebungstemperatur –45°C bis +60°C)
- Vibrations- und Schockprüfung nach EN 61373 Kategorie 1 Klasse A
- Dauerlauffest
- Start- Stopp und Schnellentlastung (Simulation von Stromunterbrechung z.B. bei vereister Oberleitung)

Die Entscheidungsfindung für das richtige Produkt wird geprägt durch:

- Anschaffungspreis
- Folgekosten (Life cycle costs)
- Design (Zugänglichkeit für Wartung, unempfindlich gegen Verschmutzung, Abmessungen und Gewicht)
- Know how des Lieferanten (Anwendungskompetenz)

Die Gegenüberstellung in Bild 4 berücksichtigt überwiegend im Schienenverkehr eingesetzte Kompressorbauarten.

6. Antriebsmotor

Als Kompressorantrieb werden grundsätzlich Elektromotoren (Gleichstrom- bzw. Drehstrommotoren, Bild 5) oder Hydraulikmotoren (Bild 6) verwendet. In Bahnanwendungen werden fast ausschließlich Drehstrommotoren mit Bahnzulassung in der Schutzart IP55 eingesetzt. Sie arbeiten zuverlässig, sind leicht und verschleißarm.

Drehstrommotoren haben gegenüber Gleichstrommotoren ein kleineres Bauvolumen, keinen Bürstenverschleiß, weniger Gewicht und eine gute Wiederbeschaffbarkeit. In Verbindung mit einem Frequenzumrichter bietet der Drehstrommotor weitere Vorteile: Der Kompressor kann über die Variation der Antriebsdrehzahl optimal an den benötigten Volumenstrombedarf (Fahrzeugaufrüstung, Grundlast, Spitzenlast) angepasst und daher auch kleiner gewählt werden.

Heutige Frequenzumrichter sind elektronische Bauteile und arbeiten verschleißfrei. Ein Umrichter für einen 7,5 kW-Drehstrommotor wiegt ca. 30 kg. Der Paketpreis eines Drehstrommotors mit Umrichter liegt unter dem eines Gleichstrommotors.

7. Druckluftaufbereitung

Die Druckluftaufbereitung beginnt mit der Filterung der Ansaugluft und endet am Anschluss zum Druckluftnetz. Die Druckluftgüte kann z.B. über die Norm ISO 8573-1 spezifiziert werden. Zur Wahl



Bild 5: Antrieb mit Drehstrommotor



Bild 6: Antrieb mit Hydraulikmotor

stehen 6 Qualitätsklassen (Bild 7), die sich in der maximalen Anzahl und Größe von Schmutzteilen, dem geforderten Drucktaupunkt und dem maximalen zulässigen Restölgehalt unterscheiden.

7.1. Vorfilter/Luftansaugzyklon

Das Vorschalten eines Zyklonabscheiders (Bild 8) führt gerade beim Einbau unter Flur zu einer entsprechenden Standzeitverlängerung des Luftfilters. Staub, Sand und z.B. Bremsabrieb werden durch gezielte Strömungsführung an einem Punkt gesammelt und anschließend ausgetragen.

Ist ein Ansaugen von Feuchtigkeit in Form von Wasser oder Flugschnee zu erwarten, muss die Ansaugung mittels einer vakuumfesten Schlauchleitung an eine geschützte Stelle verlegt werden.

7.2 Ansaugluftfilter

Die Filterfeinheit von 3–5 µm eines Standardfilterelements (Bild 8) ist i.d.R. ausreichend. Die Filterfläche muss großzügig dimensioniert sein, um jährliche Wechselintervalle mit hinreichend kleinem Verschmutzungswiderstand (max. 500 mmWS) zu erreichen. Mit steigendem Filterwiderstand sinkt z.B. der nutzbare Volumenstrom pro 100 mmWS um 1 %.

7.3 Druckluftnachkühler

Zur Erreichung eines tiefen Drucktaupunktes muss die Drucklufttemperatur am Trocknereingang unter 60 °C abgesenkt werden.

Bei ölumlaufgeschmierten Kompressoren genügt ein einfacher Rohrkühler mit Konvektionskühlung. Kolbenkompressoren benötigen einen zwangsbelüfteten Druckluftkühler. Zwischen Kompressor und Trockner kommt es infolge der Druckluftabkühlung bereits zu Wasserausfall. Zur Ver-

meidung von Frostschäden muss die Druckluftleitung immer mit Gefälle in Richtung Trockner verlegt werden. Sind bei örtlich getrennter Anordnung von Kompressor und Trockner im Fahrzeugrahmen Wassersäcke unvermeidbar, ist eine Wasserfalle mit automatischer Entleerung zu installieren. Zur Vermeidung von Korrosionsschäden müssen für die Druckluftführung entspre-

chende Werkstoffe/Werkstoffpaarungen gewählt werden. Bild 9 zeigt ein Beispiel für einen einfachen Druckluftnachkühler mit Gefälle zum Trockner.

7.4 Drucklufttrockner

Drucklufttrockner schützen vor Korrosion, Kondensation und Eisbildung im Druckluft-

Klasse	Maximale Teilchenzahl / m³ bei Teilchengrösse in µm			Drucktaupunkt °C	Restölgehalt mg/m³
	0,1<d≤0,5	0,5<d≤1,0	1,0<d≤5,0		
0	Spezifiziert durch Kunde oder Lieferant und besser als Klasse 1				
1	100	1	0	≤ -70	≤ 0,01
2	100000	1000	10	≤ -40	≤ 0,1
3	nicht spezifiziert	10000	500	≤ -20	≤ 1,0
4	nicht spezifiziert	nicht spezifiziert	1000	≤ +3	≤ 5,0
5	nicht spezifiziert	nicht spezifiziert	20000	≤ +7	--

Bild 7: Auszug aus ISO 8573-1, Tabelle 2, 3 und 5

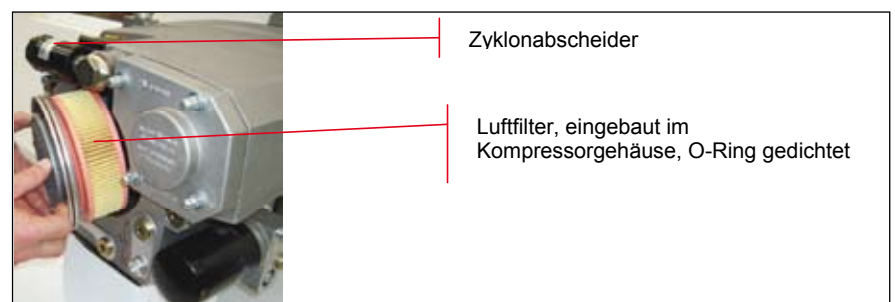


Bild 8: Zyklonabscheider/Luftfilter

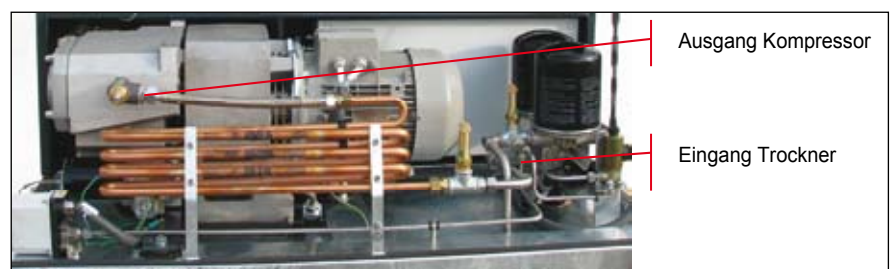


Bild 9: Druckluftnachkühler mit Konvektionskühlung

system. Im Schienenverkehr werden zwei Technologien eingesetzt: Kaltregenerierende Adsorptionstrockner und Membrantrockner.

Adsorptionstrockner sind robust und unempfindlich gegen Verschmutzung und können je nach Größe und Ausstattung Öl aus der Druckluft aufnehmen. Sie gehören in Lkws und Bussen zur Standardausrüstung.

Membrantrockner vertragen aufgrund ihrer Technologie keine verschmutzte Druckluft.

Beide Bauarten erreichen Drucktaupunkte von -40°C bei 10 barg. Der Regenerationsluftbedarf ist stetig und abhängig vom gewünschten Drucktaupunkt. Er beträgt bei einem gewünschten Drucktaupunkt von -20°C ca. 15 % und bei -35°C ca. 25 % des geförderten Volumenstrom.

Bei beiden Technologien ist zu beachten:

- Eintrittstemperatur der Druckluft am Trockner max. 60°C
- Umgebungstemperatur max. 50°C
- Vermeiden von direkter Wärmeeinstrahlung
- Berücksichtigung eines permanenten Verbrauchs an Regenerationsluft

7.4.1 Zweikammer-Adsorptionstrockner

Zweikammertrockner bestehen aus zwei mit Adsorptionsmittel (Silicagel) gefüllten Wechselkartuschen. Während die aktive Kartusche Feuchtigkeit aus der Druckluft aufnimmt, wird die passive Kartusche regeneriert, indem ein Teilstrom bereits getrockneter Druckluft durch das Trockenmittel ins Freie zurückströmt. Die Kartuschen werden getaktet umgeschaltet. Das gesammelte Kondensat wird zeitgesteuert bzw. bei einer Einschaltdauer kleiner 60 % bei Kompressorstopp ausgetragen (Bild 10).

7.4.2 Einkammer-Adsorptionstrockner

Bei Volumenströmen bis 500 l/min und einer Kompressor-Einschaltdauer kleiner 50 % können Einkammertrockner eingesetzt werden.

Auf die zweite Kartusche wird hier verzichtet. Während der Kompressor steht, wird das feuchte Adsorptionsmittel durch die Regenerationsluft aus einem Regenerationsluftbehälter getrocknet. Dieser wird bei Kompressorstart erneut mit getrockneter Luft befüllt.

7.4.3 Membrantrockner

Die feuchte Druckluft durchströmt beschichtete Hohlfasern, deren Wandungen eine Durchlässigkeit für Wasser aufweisen. Die äußere Oberfläche der Hohlfasern wird

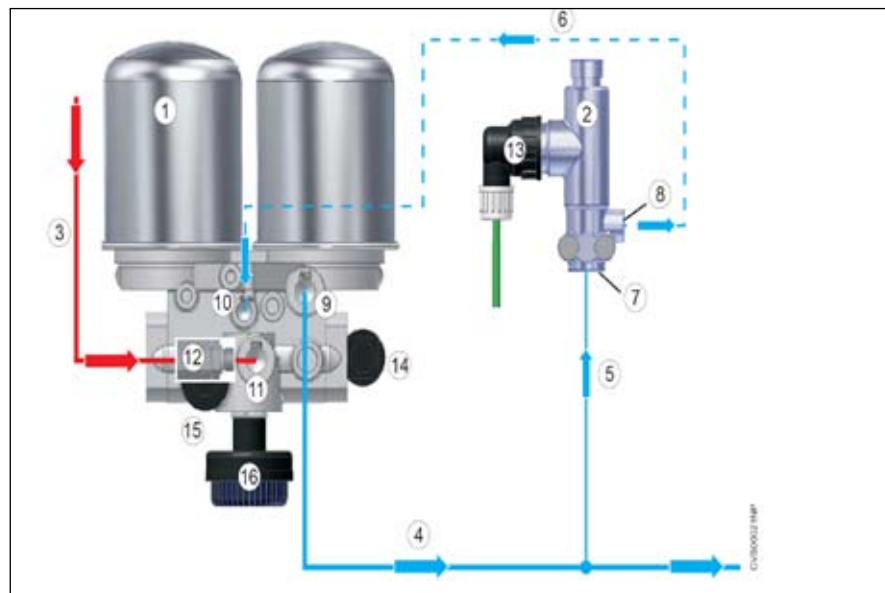


Bild 10: Schema eines Zweikammer-Adsorptionstrockners

1 = Zweikammer-Adsorptionstrockner, 2 = 3/2-Wege-Ventil, 3 = Druckleitung vom Kompressor, 4 = Druckleitung zum Verbraucher, 5 = Druckleitung zum 3/2-Wege-Ventil, 6 = Steuerleitung für Entwässerung, 7 = Eingang Druckleitung, 8 = Ausgang Steuerleitung, 9 = Ausgang Trockner, 10 = Eingang Steuerleitung, 11 = Eingang Trockner, 12 = Pulsations- Dämpfungs- Ventil, 13 = Elektrischer Anschluss 3/2-Wege-Ventil, 14 = Elektrischer Anschluss Kartuschenumschaltung, 15 = Elektrischer Anschluss Heizung, 16 = Austritt Kondensat (Entwässerung)

durch einen Teilstrom bereits getrockneter Druckluft drucklos umströmt. Über diese Regenerationsluft wird die Feuchtigkeit ins Freie transportiert.

7.4.4 Feinfilter

Zur Erreichung eines Restölgehaltes der Klasse 1 nach ISO 8573 besteht bei ölumlaufgeschmierten Kompressoren die Möglichkeit, nach dem Trockner einen Feinfilter zu installieren.

Zusätzlich wird durch dieses Filter das nachfolgende System gegen einen möglichen staubförmigen Abrieb des Adsorptionsmittels geschützt. Dieser Schutz lässt sich auch durch die Verwendung von Trocknerkartuschen mit integriertem Koaleszenzfilter am Ausgang erreichen.

7.4.5 Sicherheitsventile

Sicherheitsventile nach DIN EN 1012-1 sind vorgeschrieben.

7.4.6 Pulsationsdämpfung

Bei ölumlaufgeschmierten Kompressoren wird Öl zur Kühlung und Schmierung in den Verdichtungsraum eingespritzt. Die dabei entstehende Ölaerosole (Tröpfchen) und Öldämpfe (Nebel) gelangen mit der Druckluft zu einem Ölfeinabscheider. Dieser trennt die Ölaerosole mechanisch (Koagulationsprinzip) aus der Druckluft, der Öldampf verbleibt im Luftstrom.

Der Öldampfanteil ist in hohem Maße vom Grundöl und dem Dampfdruck des ver-

wendeten Öls abhängig. Für eine effiziente Ölaerosol-Abscheidung ist eine konstante Strömungsgeschwindigkeit der Druckluft im Feinabscheider unerlässlich. Im quasi stationären Betrieb ist der Aerosolanteil in der Druckluft nahezu Null.

Ein nachgeschalteter Adsorptionstrockner bewirkt während der Kartuschenumschaltung bzw. der Entwässerung einen drastischen Druckabfall (Bild 11). Je nach Leitungsvolumengröße zwischen Kompressor und Trockner sinkt der Enddruck kurzzeitig auf nahezu Null. Diese extreme Drucksenke führt zu einer starken Erhöhung der Abströmgeschwindigkeit der Druckluft auf der Reinseite des Ölfeinabscheiders. Das Öl wird von der äußeren Oberfläche des Filterelements in Strömungsrichtung ungewollt mitgerissen. Der Restölgehalt der Druckluft wird entsprechend erhöht. Abhilfe schafft ein rein mechanisches Pulsations-Dämpfungs-Ventil, welches über den schnellen Druckabfall gesteuert wird. Es wird am Trocknereingang montiert und verhindert wirkungsvoll eine starke Druckpulsation (Bild 12) in den dem Ventil vorgeschalteten Anlagenteilen. Der Bauteilstress der druckbeaufschlagten Teile wie Filter und Druckluftkühler wird ebenfalls stark reduziert.

7.5 Kondensatsammlung

Während der Druckluftherzeugung wird am Trockner Kondensat ausgetragen. Mit der

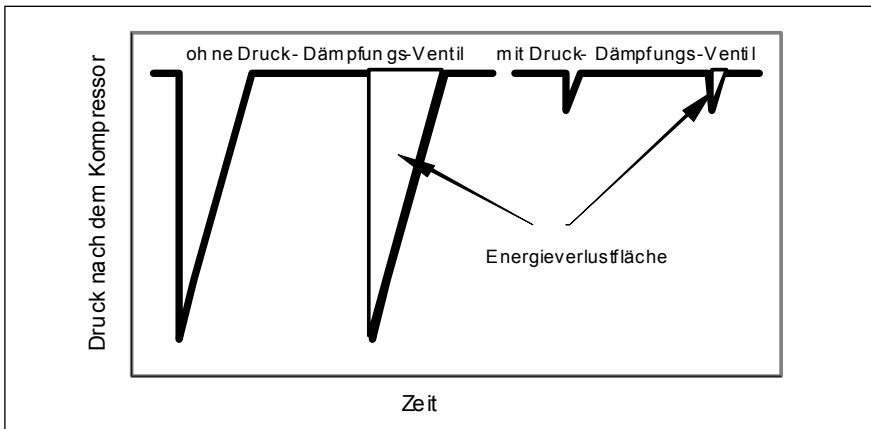
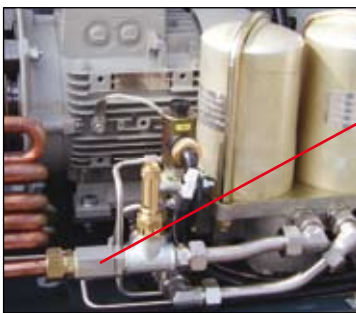


Bild 11: Druckverlauf nach dem Kompressor mit und ohne Pulsations-Dämpfungs-Ventil



Pulsation-Dämpfungs-ventil

Bild 12: Einbauposition eines Pulsations-Dämpfungs-Ventils

Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) empfahl die Abwassertechnische Vereinigung (AVTA) Grenzwerte für die Einleitung von Kohlenwasserstoffen von max. 20 mg/L.

Bei Beachtung der für die Ölabscheidung relevanten Punkte (Betriebstemperatur Kompressor, Vermeidung von Trocknerpulsation, Verwendung von Ölen mit geringem Verdampfungsverlust) wird der Grenzwert von 20 mg/L unterschritten.

Heute stehen umweltgerechte, biologisch abbaubare Öle auf Estherbasis zur Verfügung, welche den konventionellen Mineralölen ebenbürtig sind und die geforderte technische Performance erfüllen.

8. Schwingungsabkopplung

Die Abkopplung des Kompressors bzw. der Druckluftanlage vom Fahrzeug hat folgende Vorteile: Einerseits wird bei Hubkolbenkompressoren (Oszillierend) verhindert, dass die Schwingungen infolge der freien Massenkräfte in den Fahrzeugrahmen eingeleitet werden, andererseits werden die vom Fahrzeug auf das Kompressoraggregat während der Fahrt eingeleiteten Schwingungen gedämpft und so bei Stillstand von Kompressor und Motor ein Stillstandsverschleiß der Lager verhindert (Bild 13).

Die Schwingungsdämpfer müssen Kräfte in X-, Y- und Z-Richtung aufnehmen.

9. Kompressormanagement

Die Komponenten der Steuerung und Überwachung sind üblicherweise in einem Stahlblechgehäuse (Schutzart IP65) zusammengefasst. Die Verbindung von Steuer- und Hauptstromleitung über Stecker mit codierter Pinbelegung ermöglicht eine schnelle und sichere elektrische Verbindung mit dem Fahrzeug (Bild 14).

Typische Aufgaben des Kompressormanagements sind:

- Bedarfsabhängige Start- Stopp-Regelung Kompressor

- Leerlaufregelung Kompressor
- Endtemperaturüberwachung Kompressor
- Temperaturüberwachung Elektromotor
- Steuerung Drucklufttrockner
- Verarbeiten von externen Signal (z.B. bei Aufbau von zwei Kompressoren auf dem Fahrzeug, Grund- und Spitzenlast)

10. Grundrahmen

Der Rahmen wird passend auf die vorhandenen Schnittstellen maßgeschneidert. Der Rahmen dient zur Aufnahme aller erforderlichen Bauteile zur Druckluftherzeugung.

Die Anforderung an den Werkstoff bezüglich Festigkeit, Schweißbarkeit sowie die Dokumentation der Werkstoffqualität über entsprechende Zeugnisse sowie die gute Verfügbarkeit macht Blech zum idealen Werkstoff. Der schweißtechnische Dokumentationsumfang muss DIN EN 15085 entsprechen. Die Festigkeitsberechnung erfolgt mit kundenspezifischen Vorgaben für Beschleunigungs- und Verzögerungswerte in vertikaler und horizontaler Richtung. Eine Verkleidung dient der Geräuschreduktion sowie als Schutz gegen Verschmutzung. Bild 15 zeigt beispielhaft die Komponentenanzordnung auf dem Grundrahmen. Die Wartungsseite wird dabei an der Stelle mit bester Zugänglichkeit angeordnet

11. Vorschriften und Gesetzeshinweise

Die Druckluftherzeugungsanlage unterliegt der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Weitere relevante Normen sind z.B.:

- Druckgeräterichtlinie 97/23/EG (in Deutschland Druckgeräteverordnung 14. GPSGV)
- Richtlinie über einfache Druckbehälter 87/404/EWG (in Deutschland 6. GPSGV)

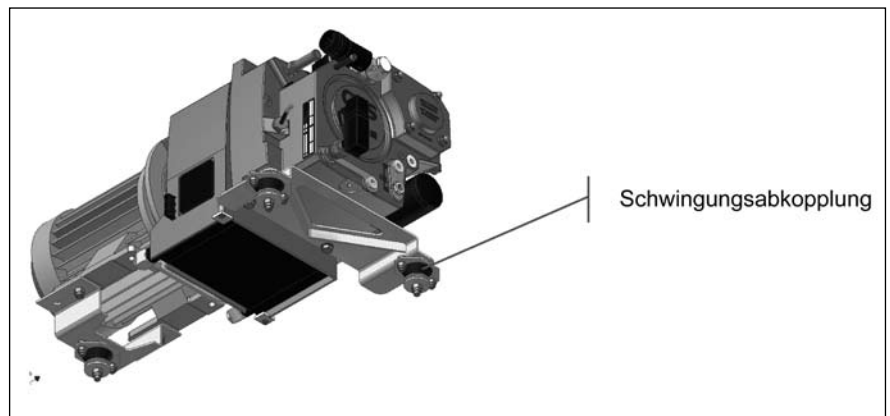


Bild 13: Schwingungsabkopplung

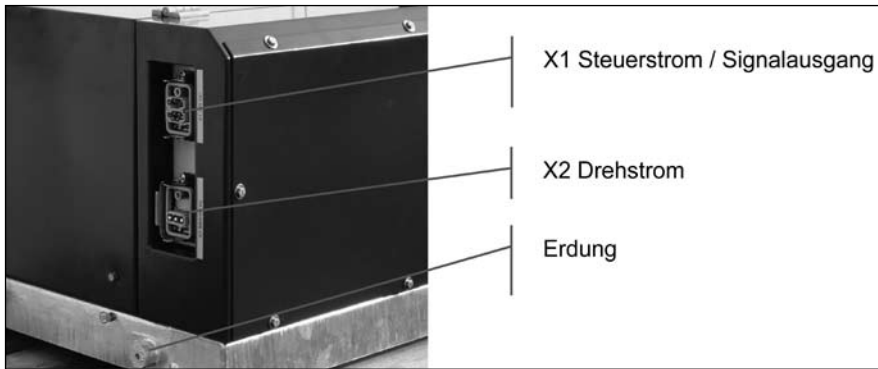


Bild 14: Elektrische Schnittstellen

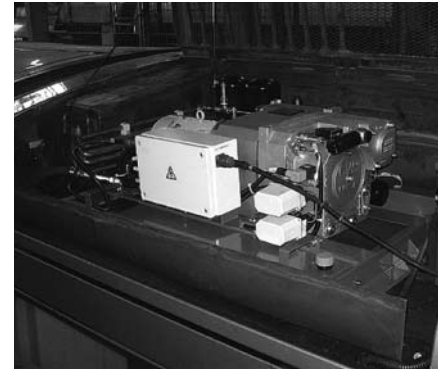


Bild 18: Beispiel für Dachaufbau ohne Verkleidung

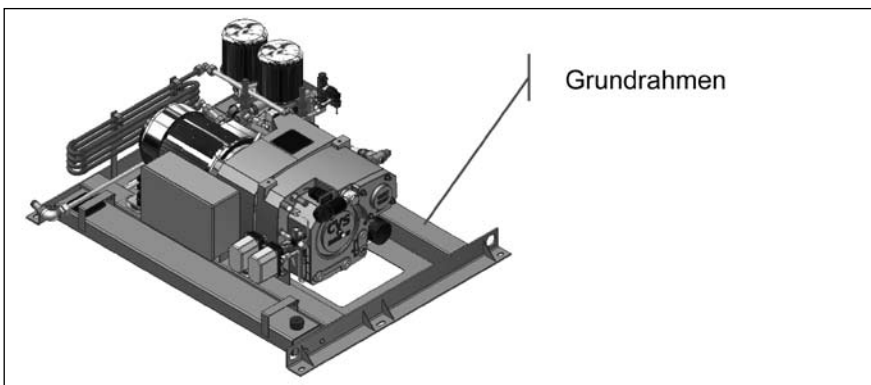


Bild 15: Drucklufterzeugungsanlage auf Grundrahmen



Bild 19: Beispiel für eine Modernisierung bei Einbau unter Flur



Bild 16: Beispiele für Dachaufbau mit Verkleidung



Bild 17: Beispiel für Dachaufbau mit begehbare Verkleidung

- Elektromagnetische Verträglichkeit EN 50121-3-2
- Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen EN 60077
- Druckluftqualität ISO 8573-1
- Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen DIN 5510-2
- Schweißen von Schienenfahrzeugen und Fahrzeugteilen DIN EN 15085-1 bis 5
- Fahrzeug- und eisenbahnspezifische Anforderungen
- Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG (in Deutschland Druckgeräteverordnung 1. GPSGV)
- Sicherheit von Maschinen DIN EN ISO 12100-1/-2
- Kompressoren-Sicherheitsanforderungen Teil 1 EN 1012-1

12. Installationsbeispiele

Bild 16 zeigt eine Drucklufterzeugungsanlage (Vielzellenkompressor 800 l/min, Antriebsmotor 7,5 kW, Gesamtgewicht 205 kg) mit Dachaufbau an einem Neufahrzeug (EMU) der Fa. Stadler Rail (CH). Aufgrund des Designs wurden die seitlichen Abdeckungen den Schrägen der fahrzeugseitigen Dachschürzen angeglichen.

In Bild 17 sehen wir ein weiteres Beispiel für eine Drucklufterzeugungsanlage (Vielzellenkompressor, 400 l/min, Antriebsmotor 4 kW, Gesamtgewicht 172 kg) mit Dachaufbau an einem Neufahrzeug (EMU) der Fa. Stadler Rail (CH). Die Verkleidung wurde hier begehbare ausgeführt.

Bild 18 zeigt ein Beispiel für eine Modernisierung der Drucklufterzeugungsanlage (Vielzellenkompressor, 310 l/min, Antriebsmotor 3 kW) im Eurotram Straßburg. Bedingung war hier eine Bauhöhe von 310 mm nicht zu überschreiten.

Bild 19 zeigt die Modernisierung einer Drucklufterzeugungsanlage unter Flur an einem EMU in Polen. Die bestehende Anlage (Schraubenkompressor, 1000 l/min, Antriebsmotor 11 kW, Gesamtgewicht 340 kg) wurde hier durch eine moderne Anlage (Vielzellenkompressor, 800 l/min, Antriebsmotor 7,5 kW, Gesamtgewicht 190 kg) ersetzt.