

Tipps zur effizienten Druckluftaufbereitung



ein **BOGE**
Whitepaper



Druckluft ist universell – kaum eine Branche kann auf sie verzichten. Die Anforderungen an die Druckluftqualität sind allerdings sehr unterschiedlich. Was alle Anwender eint, ist der Wunsch, nicht mehr als unbedingt nötig in die Aufbereitung der Druckluft zu investieren, denn: Wird die Druckluft unnötig hoch aufbereitet, kostet es den Anwender ein Vielfaches mehr. Nutzen Sie unsere Tipps, um Ihre Druckluftaufbereitung optimal zu gestalten und Einsparpotenziale aufzudecken.

DRUCKLUFTAUFBEREITUNG DEN REINHEITSKLASSEN ANPASSEN

Neben dem Kauf der Trockner oder Filter schlagen die Wartung dieser Aufbereitungsgeräte und – mit steigender Reinheit – ein erhöhter Energieverbrauch zu Buche. Die Norm ISO 8573-1:2010 definiert die von den Herstellern der Pneumatik-Komponenten vorgegebenen Reinheitsklassen, mit denen Anwender die für sie passende Druckluftaufbereitung bestimmen können. Zusätzlich gibt es für verschiedene Branchen noch Empfehlungen für Reinheitsklassen in unterschiedlichen Anwendungen (z. B. vom VDMA 15390).

WOZU DIE DRUCKLUFT AUFBEREITEN?

Jeder in Betrieb befindliche Kompressor saugt Luft aus der Umgebung an. Diese enthält Verunreinigungen, die mit dem bloßen Auge gar nicht erkennbar sind – Öldämpfe, Staubpartikel oder Feuchtigkeit. Und das ist gar nicht so wenig.

Was zum Beispiel ein Kompressor, der 17 m³/min liefert, pro Tag aus der Umgebungsluft ansaugt, beläuft sich auf (ca.):

- 
- 333 l Wasser
 - Mehrere Millionen Feststoffe > 2 µm
 - Mehrere Milliarden Feststoffe < 2 µm
 - bis zu 72 g Öldämpfe

Aus diesen Zahlen wird klar:

Selbst ein ölfrei verdichtender Kompressor kann in einer normalen Umgebung nie völlig ölfreie Druckluft produzieren. Zudem müssen der Druckluft große Mengen Wasser entzogen werden, und auch ein Partikelfilter ist unverzichtbar.

Tipps zur effizienten Druckluftaufbereitung

Ein kleiner Teil dieser Verunreinigungen wird in der Regel bereits durch den Ansaugfilter des Kompressors entfernt – der regelmäßige Tausch dieses Filters ist zum Schutz der Gesamtanlage daher unabdingbar. Wichtiger ist aber: Nach der Verdichtung auf z. B. 10 bar_ü erhöht sich die Konzentration der noch vorhandenen Verunreinigungen auf das 11-fache (1 bar Umgebung + 10 bar Überdruck = 11 bar absolut). Hinzu kommen Verunreinigungen durch den Kompressor wie z. B. Öl oder Abrieb. Die Vorteile einer optimal angepassten Druckluftaufbereitung liegen auf der Hand:

- **Konstante Druckluftqualität**
- **Längere Lebensdauer aller angeschlossenen Druckluftverbraucher**
- **Weniger Betriebsstörungen durch unreine Druckluft**
- **Rostfreie Rohrleitungen und Geräte**
- **Weniger Druckverluste und somit geringerer Energieverbrauch**

Bei der Druckluftaufbereitung geht es aber nicht nur um die Sauberkeit der Druckluft – Energieverbrauch und Effizienz spielen heute eine immer größere Rolle. Schon der Austausch eines veralteten Trockners und der entsprechenden Filter rechnet sich: Nicht selten amortisiert sich diese Maßnahme in weniger als einem Jahr.

ERHÖHT DRUCKLUFTAUFBEREITUNG NICHT DEN ENERGIEAUFWAND?

Stimmt. Energieneutral lässt sich die Druckluft nicht aufbereiten, denn damit ist stets auch ein Druckverlust verbunden. Immerhin lässt sich der Energieaufwand relativ leicht und für alle Aufbereitungsgeräte gleich berechnen: 100 mbar Differenzdruck entsprechen einem Energieverlust von 0,6%. Das mag auf den ersten Eindruck gering erscheinen. Wenn man allerdings bedenkt, dass z. B. moderne Druckluftfilter einen um 200 mbar (zum Teil mehr) geringeren Differenzdruck aufweisen als ältere Filtergenerationen, können so leicht mehrere Tausend Euro Energiekosten pro Jahr eingespart werden (75-kW-Kompressor, 2 Filter, die getauscht werden und jeweils 200 mbar geringeren Differenzdruck erzielen, 6000 Bh/a, 0,14 Euro/kWh = 1.512 Euro Energiekosten p. a.). Es gibt also gleich zwei gute Gründe, die Filter regelmäßig zu tauschen. Erstens kann nur so eine konstante Druckluftqualität gewährleistet werden, und zweitens verbraucht ein gesättigter Filter wegen des höheren Differenzdrucks unnötig mehr Energie.

Die Differenzdrücke zu beachten ist wichtig, denn ob ein Filterelement gesättigt ist oder nicht – jeder Druckluftverbraucher braucht den notwendigen Arbeitsdruck.

FESTPARTIKEL IN DER LUFT

Wenn von unerwünschten Partikeln in der Druckluft die Rede ist, sind in der Regel Stäube gemeint. Je nach Umgebung können dies Abgase aus Motoren, natürliche Pollen oder auch Stäube aus Produktionsmaterialien wie z. B. Metallspäne sein. Werden die Partikel nicht entfernt, kann die nachgeschaltete pneumatische Anwendung durch Ablagerungen und Abrieb geschädigt werden. Um diese Stäube zu entfernen, werden Filter eingesetzt. Da die einzelnen Staubpartikel unterschiedliche Durchmesser aufweisen, werden unterschiedliche Filter und Filtermedien benötigt. Aktuelle Filter erreichen dabei Wirkungsgrade von bis zu 99,9999% – sie entfernen also nahezu alle Partikel bis zu einer Größe von 0,01 µm aus der Druckluft. Zum Vergleich: Ein Blatt Papier hat eine Stärke von 80 µm. Öl und Wasser in Tropfenform verhält sich dabei übrigens wie Partikel: Die Tropfen werden vom Filtermedium aufgenommen und lagern sich dann im Filtergehäuse ab. Diese Flüssigkeiten sind in der Regel ein Mix aus Kondensat, Öl und Partikeln und müssen aus dem Filtergehäuse durch einen Kondensatableiter entfernt werden. Dieses Kondensat darf jedoch nicht einfach in die Kanalisation eingeleitet werden, sondern muss vorher aufbereitet werden (siehe „Öl-Wasser-Trenner“).



Tipps zur effizienten Druckluftaufbereitung



Kältetrockner

Adsorptionstrockner

Filter

Öi-Wasser Trenner

FEUCHTE IN DER LUFT

Die Umgebungsluft, die Kompressoren zur Verdichtung ansaugen, enthält bei hohen Temperaturen mehr, bei niedrigen Temperaturen weniger Wasser (-dampf). Wird diese angesaugte Luft höher verdichtet, erhöht sich auch die Wasserkonzentration. Die angesaugte Wassermenge des oben erwähnten Kompressors (17 m³/min) liegt bei ca. 14 l/h (25 °C, 60%, 10 barü). Um den Wassergehalt der aus dem Kompressor austretenden Druckluft zu beschreiben, spricht man vom Drucktaupunkt (DTP). Dieser gibt an, ab welcher Temperatur der Wasserdampf aus der Luft zu kondensieren beginnt: Ein niedriger DTP steht für eine geringere Restfeuchte der Druckluft. Die dampfförmige Restfeuchte kann beim Durchströmen der Druckluftleitungen so stark an Temperatur verlieren, dass erhebliche Wassermengen anfallen, die zu Korrosion und Schäden an angeschlossenen Druckluftverbrauchern führen. Eine geeignete Druckluftaufbereitung kann dies ausschließen.

Je nach gefordertem DTP gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Restfeuchte aus der Druckluft zu entfernen – hier die gängigsten Trocknungsverfahren:

Die erste Abkühlung findet im Druckluftnachkühler des Kompressors statt; dies ist heute gängiger Standard. Hier wird die Drucklufttemperatur abgesenkt – mit dem Ziel, den Wasserdampf bereits im Kühler statt erst im Rohrleitungssystem kondensieren zu lassen. Anschließend entfernt ein Zyklonabscheider das entstandene Kondensat und Partikel > 50 µm aus dem System (auch hier muss ein Kondensatableiter eingesetzt und das Kondensat anschließend aufbereitet werden). So erreicht man einen DTP von ca. + 30 °C. Dies bedeutet, dass immer noch eine Menge Wasser im System steckt. Ein nach dem Kompressor angeschlossener Druckluftbehälter hat eine ähnliche Wirkungsweise wie ein Zyklonabscheider, arbeitet aber nicht so effektiv wie dieser.

Die am weitesten verbreitete Trocknungsmethode ist vermutlich der Kältetrockner. Kein Wunder: Mit relativ wenig Energieaufwand lässt sich damit ein DTP von bis zu +3 °C erzielen. Das Funktionsprinzip ist denkbar einfach: Die eintretende Druckluft wird durch ein Kältemittel in einem Wärmetauscher abgekühlt, wodurch weiteres Wasser auskondensiert und abgeschieden werden muss (stets verbunden mit Kondensatableitung und anschließender Aufbereitung). Danach kühlt die austretende, getrocknete

Tipps zur effizienten Druckluftaufbereitung

Druckluft die eintretende ab. So wird die Kondensation im Rohrleitungssystem vermieden und zusätzlich die eintretende Luft bereits vorgekühlt, was wiederum Energie spart. Der DTP bleibt dabei aber gleich. Moderne Kältetrockner verfügen über zusätzliche Energiesparfunktionen, bei denen im Teillastbetrieb die eintretende Druckluft durch gespeicherte Kälte (Massenspeicher) abgekühlt wird. Auch hier gilt: Ein hoher Differenzdruck führt zu erhöhten Energiekosten.

Vor allem bei kritischen Anwendungen, wo es auf höchste Reinheit ankommt, werden DTP von bis zu $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ benötigt. Hier kommen in der Regel Adsorptionstrockner zum Einsatz. Man unterscheidet zwischen warm- und kaltregenerierenden Modellen, die beide in der Regel zwei Türme aufweisen. Tritt die Druckluft in den ersten Turm des Adsorptionstrockners ein, kommt ein Trockenmittel zum Zuge, das Wasser durch Adsorption entzieht. Im zweiten Turm wird das aufgenommene Wasser wieder aus Trockenmittel und Turm entfernt, also „regeneriert“.



Bei den kaltregenerierenden Adsorptionstrocknern wird ein nicht unerheblicher Teil der bereits getrockneten Druckluft zum Regenerieren verwendet. Dadurch gehen – physikalisch bedingt – 15-25% der eingesetzten Druckluft während des Regenerationsvorgangs verloren.

Ein warmregenerierender Adsorptionstrockner nutzt dagegen eine externe Heizung und ein Gebläse, was den Vorteil hat, dass keine kostbare Druckluft verloren geht. Das Trockenmittel muss bei warm- wie auch kaltregenerierenden Trocknern spätestens alle fünf Jahre gewechselt werden.

Eine Sonderform stellt der sogenannte Tandem- oder Hybridtrockner dar – eine Kombination aus Kältetrockner und Adsorptionstrockner. Der Vorteil: Durch den vorgeschalteten Kältetrockner kann der Adsorptionstrockner wesentlich kleiner ausfallen, wodurch die gesamte Trocknung energieeffizienter ablaufen kann. Außerdem kann der Anwender frei wählen, ob er „nur“ Kältetrockner (also DTP 3°C) oder Kälte- und Adsorptionstrockner (DTP bis -70°C) nutzen möchte – z. B., wenn in einer Produktion verschiedene Reinheitsklassen benötigt werden (saisonbedingte Produktion o. Ä.) oder wenn im Sommer ein anderer DTP benötigt wird als im Winter.

Eine weitere Trocknungsmethode ist der Membrantrockner: Beim Trocknungsprozess durchströmt die Druckluft ein Bündel Hohlfasern. Dabei diffundiert Wasserdampf vom Faserinneren nach außen. Dieser wird häufig als Endstellentrockner eingesetzt, d. h. direkt vor der Anwendung, die einen geringen DTP benötigt. Da der Membrantrockner praktisch wartungsfrei arbeitet, ist er vor allem für kleine Liefermengen geeignet. Auch der Membrantrockner benötigt Spülluft, um das angefallene Kondensat abzuleiten.

WIE LÄSST SICH DAS RESTÖL HERAUSFILTERN?

Vor allem in der Lebensmittelindustrie, aber auch in vielen anderen Bereichen wie Pharmazie oder Medizin, ist Restöl in der Druckluft ausdrücklich nicht erwünscht. Um die hohen Anforderungen an Ölfreiheit zu erfüllen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Druckluft vom Öl zu befreien:

Die einfachste und in der Anschaffung kostengünstigste Möglichkeit ist der Aktivkohlefilter – ein mit Aktivkohle beschichtetes Filterelement, das Öldämpfe und Gerüche aufnehmen kann. Da die Beschichtung aber nur sehr dünn ist (wenige Gramm), muss der Aktivkohlefilter bereits nach spätestens 300-400 Bh ersetzt werden. Voraussetzung für den Einsatz eines Aktivkohlefilters ist ein vorgeschalteter Mikrofilter, der Öltropfen aufnimmt.

Tipps zur effizienten Druckluftaufbereitung

BOGE Druckluftsysteme GmbH & Co. KG
Postfach 10 07 13 · 33507 Bielefeld
Otto-Boge-Straße 1–7 · 33739 Bielefeld
Fon +49 5206 601-0 · Fax +49 5206 601-200
info@boge.de · www.boge.de



Aktivkohlefilter werden meistens als dezentrale Endstellenfilter eingesetzt, wenn nicht im gesamten Druckluftnetz ölfreie Druckluft benötigt wird.


Oftmals lohnt sich statt eines Aktivkohlefilters der Einsatz eines Aktivkohle-Adsorbers – ein mit Aktivkohle-Granulat gefüllter Behälter. Da er über eine vielfache Menge an Aktivkohle verfügt, ist die Standzeit deutlich länger als bei vergleichbaren Aktivkohlefiltern. Auch der Aktivkohle-Adsorber benötigt aber eine entsprechende Vorfiltration, damit nur noch Öldämpfe mit der Aktivkohle in Kontakt kommen, denn flüssiges Öl oder Wasser würde die Alterung der Aktivkohle nur beschleunigen.

Für Einsatzbereiche, in denen immer 100 % ölfreie Druckluft benötigt wird, gibt es derzeit nur eine zuverlässige Methode am Markt: den Einsatz eines Converters: Hier wandelt ein Katalysator mit Hilfe von Sauerstoff Kohlenwasserstoffe (Öl) in Wasser und CO₂ um. Da der Vorgang bei hohen Temperaturen stattfindet, werden gleichzeitig Keime unschädlich gemacht – höchst interessant für den Pharma- und Lebensmittelsektor. Zusätzlich werden eventuell in der Luft enthaltene Silikone in Silikate umgewandelt, was besonders bei der Oberflächenbeschichtung bzw. beim Lackieren Blasenbildung („Orangenhaut“) verhindert.

WIE DAS ÖL VOM WASSER GETRENNT WIRD

In fast allen vorgeschalteten Aufbereitungsprozessen (Zyklonabscheider, Filter, Trockner) fällt Kondensat an. Der bereits erwähnte Öl-Wasser-Trenner hat die Aufgabe, das im Kondensat enthaltene Öl von den Wasser- und Schmutzanteilen zu trennen. Da moderne Kompressorenöle dazu neigen, im Kondensat eine stabile Emulsion zu bilden, schwimmt das Öl nicht mehr wie früher auf der Wasseroberfläche – eine Schwerkrafttrennung ist folglich nicht mehr möglich. Daher setzen moderne Öl-Wasser-Trenner auf Filtereinsätze, die das Öl binden, und eine nachgeschaltete Aktivkohlestufe, um auch die letzten Spuren des Öls zu entfernen. So werden Restölgehalte von < 10 ppm erreicht – das so gereinigte Kondensat kann direkt in das Abwasser eingeleitet werden.

IN DREI SCHRITTEN ZUR BEDARFSGERECHTEN DRUCKLUFTAUFBEREITUNG:

- 
- 1. Bestandsaufnahme:**
Welche Druckluftqualität wird tatsächlich gebraucht?
 - 2. Komponentenauswahl:**
Welche Komponenten (Trockner, Filter etc.) werden benötigt, um die gewünschte Druckluftqualität zu erzielen?
 - 3. Dimensionierung:**
Empfohlen wird eine leichte Überdimensionierung der Komponenten (+ 10-20 %), um auch bei höheren Temperaturen noch ausreichend Reserven zu haben.

FAZIT

Es lohnt sich, die Druckluftaufbereitung individuell für den jeweiligen Bedarf zu bestimmen. Werden die Komponenten regelmäßig gewartet oder ggf. getauscht, kann dauerhaft über die gewünschte Druckluftqualität verfügt und der Energieverbrauch auf einem gleichbleibend niedrigen Niveau gehalten werden.

Autor:
Markus Henkel
Teamleiter Aftermarket

Weitere Informationen zu unserem umfassenden Produktsortiment finden Sie auf unserer Webseite www.boge.de.

Gerne beraten wir Sie auch persönlich.