

# Leitfaden Druckluft-Optimierung

## Massnahmen und Investitions-Tipps

Durch einige wenige Massnahmen viel bewirken: Dieser Leitfaden zur Druckluft-Optimierung bietet Ihnen mit einem Griff konkrete Handlungsanleitungen zur wirksamen Effizienzverbesserung und Betriebskostensenkung Ihrer Druckluftanlage. Die Empfehlungen im Leitfaden konzentrieren sich ganz bewusst auf jene 20% der hoch effizienten Massnahmen, mit denen Sie 80% Wirkung erzielen. Erfahren Sie, wie Sie mit wenig Aufwand viel erreichen.

Der Leitfaden ist in zwei Themenkreise gegliedert:

### Die wichtigsten Optimierungsmassnahmen

1. Leckagen eliminieren (Seite 2/3)
2. Anlage nachts und am Wochenende abschalten (Seite 4)
3. Zusammenspiel der Kompressoren optimieren (Seite 5)
4. Den Netzdruck optimieren (Seite 6)

### Kleine Investitionen, die sich lohnen

1. Abschaltautomatik einbauen (Seite 7)
2. Druckreduzier-Ventile einsetzen (Seite 8)
3. Austausch zeitgesteuerter Kondensatableiter (Seite 9)
4. Dauerverbraucher mit Magnetventilen abschalten (Seite 10)
5. Altes Anschlusszubehör durch verlustarmes ersetzen. (Seite 11)

# Massnahme 1

## Leckagen eliminieren

**Lecks im System sind bei einem grossen Teil der Anlagen die bedeutendste Verlustquelle. Untersuchungen zeigen, dass 25 bis 60% der erzeugten Druckluft über Lecks verloren geht. Auch in sorgfältig gewarteten Anlagen treten regelmässig Lecks auf. Es lohnt sich immer ein ganz besonderes Augenmerk dem dichten, leckfreien System zu widmen.**

Weist die Anlage einen Druckluftverlust von 10% oder mehr auf, besteht dringender Handlungsbedarf. Insbesondere bei Anlagen mit grossem, weit verzweigtem und komplexem Leitungssystem empfiehlt es sich, den Leckagen-Anteil zu ermitteln, bevor Sie die Ortung der Lecks angehen. Wichtige Folgen von Lecks im System sind:

- Überhöhte Energie-Betriebskosten. Die Kompressoren-Laufzeit steigt. Die Wartungsintervalle werden kürzer.
- Kompressoren werden beim Ersatz überdimensioniert, was zu unnötigen Investitionen für die Kompressoren und die Aufbereitung führt.

### **1.1 Wie Sie den Leckagen-Anteil ermitteln**

Ob in Ihrem System über Lecks mehr als 10% Druckluft verloren geht, können Sie am einfachsten über die Betriebszeit des Kompressors kontrollieren. Folgende Beobachtungen sind Indikatoren und geben Ihnen Hinweise für überhöhte Verluste durch Leckagen im System:

- Wenn Sie feststellen, dass der Kompressor läuft, wenn gar kein Druckluftbedarf besteht (z.B. Sonntagmorgen).
- Wenn Sie anhand der Betriebsstunden feststellen, dass der Kompressor ausserhalb der Betriebszeiten Ihrer Produktion während mehr als 10% der Zeit läuft.
- Wenn Sie feststellen, dass der Kompressor jede Nacht (18:00–6:00 Uhr) mehr als 1.2 Betriebsstunden läuft.
- Wenn Sie feststellen, dass der Kompressor am Wochenende (Freitag 18:00 Uhr–Montag 6:00 Uhr) mehr als 6 Betriebsstunden arbeitet.

Hinweis: Die Ermittlung des Leckagen-Anteils wie oben beschrieben funktioniert nur, wenn der Kompressor nicht zu stark überdimensioniert ist (Last/Leerlaufverhältnis von mehr als 80%).

Neben der oben beschriebenen Ermittlung des Leckagen-Anteils stehen weitere Methoden zur Wahl.

Sie können den Leckagen-Anteil ermitteln durch:

- die Methode der Behälterentleerung
- die Methode der Nachspeisemengen
- Messung und Analyse der Kompressorenlaufzeiten
- eine Volumenstrommessung

Informationen zu diesen Methoden und zum Vorgehen finden Sie im Info-Blatt «Leckagen» und in der Toolbox Leckagen (unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch)).

### **1.2 Wie Sie die Leckagekosten abschätzen**

Wie hoch sind die Betriebs-Mehrkosten, die durch Leckagen in Ihrem System entstehen? Antwort auf diese Frage erhalten Sie durch das Ausfüllen des Leckage-Tools unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch). Durch die Ermittlung der Leckverluste als Frankenbetrag erhalten Sie ein Gefühl für die Kostenfolgen, die Lecks im Druckluftsystem verursachen. Mit dem Berechnungs-Tool lässt sich aufgrund einer Abschätzung der Leckagenzahl und -grösse eine grobe Ist-Analyse vornehmen. Sie können die Kosteneinsparungen prognostizieren, die sich durch Eliminierung der Lecks erzielen lassen. Und Sie erhalten ein Instrument, mit dem Sie den Sparerfolg von getroffenen Massnahmen aufgrund von Erfahrungswerten nachvollziehen können.

### **1.3 Wie Sie die Leckagen orten**

Die einfachste und rationellste Methode der Leckagenortung ist der Einsatz eines Ultraschall-Messgerätes. Die Leckagenortung kann mit einem Ultraschall-Messgerät während des Produktionsbetriebes durchgeführt werden, selbst in Produktionshallen mit sehr hohen Lärmemissionen. Bei grösseren Anlagen lohnt sich die Anschaffung eines Ultraschall-Messgerätes, Kostenpunkt ab CHF 800. Für kleinere Anlagen kann das Messgerät auch gemietet werden. Alle führenden Unternehmen der Druckluftbranche bieten entsprechende Geräte für einen Wochenmietpreis von CHF 100 bis 150 an.

Die Erfahrung zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit von Lecks umso grösser ist, je näher man dem Endverbraucher kommt. Gehen Sie bei der Leckagenortung wie folgt vor:

- Prüfen Sie mit dem Ultraschall-Messgerät systematisch das Leitungsnetz sowie den Kompressor, Trockner, Behälter, Kondensatableiter und Filter auf undichte Stellen.
- Kontrollieren Sie speziell aufmerksam Verbindungsstücke, Kupplungen und Abzweigungen des Leitungsnetzes.
- Vergessen Sie die Anschlüsse der Maschinen und Geräte nicht.
- Kennzeichnen Sie ermittelte Leckagen gut sichtbar – zum Beispiel mit leuchtfarbigem Klebeetiketten. So gewährleisten Sie, dass bei der anschliessenden Beseitigung kein Leck vergessen geht.

Falls die exakte Lokalisierung des Lecks mit dem Ultraschall-Messgerät nicht möglich ist, untersuchen Sie den Leckbereich mit Prüfschaum oder mit herkömmlicher Seifenlauge. Die exakte Lage des Lecks zeigt sich durch Bildung von Seifenblasen (Velopneu-Methode).

### **1.4 Wie Sie Leckagen fachmännisch eliminieren**

Eliminieren Sie die ermittelten und gekennzeichneten Lecks im System wie folgt:

- Leck an Verschraubungen: ziehen Sie lockere Verschraubungen fest und tauschen Sie alte, undichte Verschraubungen aus.
- Leck an O-Ringen: bauen Sie einwandfreie O-Ringe korrekt ein und tauschen Sie beschädigte O-Ringe aus.
- Leck an Kupplung: austauschen.
- Leck an Stecknippel: austauschen.
- Leck an Schlauchbriden: anziehen oder austauschen.
- Leck an Schläuchen: wechseln Sie spröde, undichte Schläuche aus (z.B. glasige PVC-Schläuche) oder kürzen Sie diese.
- Leck an Ventil oder Zylinder: lassen Sie das Ventil bzw. den Zylinder durch den Fachmann reparieren oder austauschen.
- Leck an pneumatischen Schaltkomponenten: ersetzen Sie die Dichtungen.
- Lecks an Wartungseinheiten oder Endstellenfilter: Dichtungen auswechseln oder austauschen.

### **1.5 Was bei Leitungssystemen mit gehanften Rohren zu beachten ist**

Gehanfte Leitungssysteme bergen ein besonders hohes Leckagenrisiko, da die Hanfpaste mit der Zeit austrocknet und die Rohrverbindungen undicht werden. Besonders gross ist dieses Problem dort, wo sehr trockene Druckluft benötigt wird. Für die Behebung kleinerer Leckagen können undichte Verschraubungen mit modernen Dichtelementen wie etwa Teflonband abgedichtet werden.

Grundsätzlich ist es jedoch empfehlenswert, das gehanfte Leitungssystem sukzessiv durch eine moderne, spaltfreie Verteilung zu ersetzen (gepresst, gelötet, geklebt, geschweisst oder mit Verschraubung durch radiale O-Ring-Abdichtungen). Bevor Sie das Leitungsnetz austauschen, lassen Sie sich von einem Fachmann Kosten und Nutzen der Investition ausrechnen.

# Massnahme 2

## Anlage nachts und an den Wochenenden abschalten

**Wo die Produktion bzw. die Maschinen nachts und / oder an Wochenenden ruhen und kein Verbraucher im System ist, der dauernd mit Druckluft versorgt werden muss, sollte die Druckluftanlage in diesen Zeiten heruntergefahren werden. Dies kann entweder durch Abschalten der gesamten Druckluftanlage oder automatisches Abschiebern von Teilsträngen des Systems (nach der Aufbereitung) geschehen.**

**Wichtig:** Das manuelle Ein- und Ausschalten muss korrekt geschehen. Wird der Kugelhahn beim Einschalten aufgerissen statt langsam geöffnet, kann die Anlage Schaden nehmen. Die Filter können zerreißen, Wasser oder Öl können ins Leitungsnetz dringen und zu gravierenden Schäden an den Maschinen führen. Der Ein- und Ausschaltprozess lässt sich jedoch mit geringem Aufwand automatisieren.

### **2.1 Automatisches Trennen der Druckluftverteilung von der Erzeugung**

Im Leitungsnetz und bei den Verbrauchern treten 95% der Leckagen auf. Durch das Abkoppeln des gesamten Leitungsnetzes oder eines Teilstranges können die Leckagenverluste ausserhalb der Betriebszeit stark reduziert werden. Das automatische Trennen der Druckluftverteilung von der Erzeugung ist eine einfache Massnahme, die ein geringes Fehlerrisiko in sich birgt. Beachten Sie die Empfehlungen im Kapitel «Kleine Investitionen, die sich lohnen» (Seite 7)

### **2.2 Automatisches Ein- und Ausschalten der ganzen Druckluftanlage**

Der Abschaltprozess lässt sich mit wenig Aufwand automatisieren und damit das Risiko von Schäden durch falsches Vorgehen ausschalten. Eine Massnahme, die Sie wo immer möglich vorsehen sollten. Die Automatisierung des Ein- und Ausschaltprozesses lässt sich mit einer Investition von CHF 1000 bis 3000 realisieren. Nebst dem Vermeiden der Leckage-Energiekosten kann zudem der Stromverbrauch für die Aufbereitung (Trockner) reduziert werden. Beachten Sie die Empfehlungen im Kapitel «Kleine Investitionen, die sich lohnen» auf Seite 7.

### **2.3 Manuelles Ein- und Ausschalten der ganzen Druckluftanlage**

Wo Sie sich gegen die Automatisierung des Abschaltprozesses entscheiden, muss das Fehlerrisiko durch folgende Massnahmen soweit als möglich reduziert werden:

- Dokumentieren Sie das Vorgehen beim Ab- und Einschalten genaustens und bringen Sie die Hinweise an den entsprechenden Punkten an der Anlage an.
- Bestimmen Sie den Verantwortlichen.
- Instruieren Sie den Verantwortlichen und seinen Vertreter sorgfältig.

#### *2.3.1 Das korrekte Ausschalten der Anlage*

Halten Sie beim manuellen Ausschalten der Anlage unbedingt diese Reihenfolge ein:

1. Schritt: Kugelhahn nach Aufbereitung schliessen
2. Schritt: Kompressor ausschalten
3. Schritt: Kältetrockner ausschalten
4. Schritt: Hauptschalter ausschalten

#### *2.3.2 Das korrekte Einschalten der Anlage*

Das Einschalten der Anlage sollte 30 Minuten vor Betriebsbeginn erfolgen. Gehen Sie beim manuellen Einschalten der Druckluftanlage unbedingt in dieser Reihenfolge vor:

1. Schritt: Schalten Sie die Druckluftanlage über den Hauptschalter ein
2. Schritt: Schalten Sie den Kältetrockner ein
3. Schritt: Warten Sie ca. 10 Minuten, bis der Kältetrockner seine Betriebstemperatur erreicht hat
4. Schritt: Schalten Sie die Kompressoren ein
5. Schritt: Erhöhen Sie schrittweise den Druck im System (Kugelhahn nach Aufbereitung ca. 10% öffnen, so dass sich das Leitungsnetz langsam mit Luft füllt und die Aufbereitung nicht überlastet wird).

# Massnahme 3

## Das Zusammenspiel der Kompressoren optimieren

**Wechseln die Kompressoren häufig zwischen Last- und Leerlaufbetrieb hin und her? Arbeitet der drehzahlgeregelte Kompressor stets am unteren oder oberen Liefermengenbereich? Dies sind Indikatoren, dass die vorhandene Druckluftanlage nicht zum Verbrauchsprofil passt und/oder dass das Zusammenspiel der Kompressoren (Einsatzreihenfolge) nicht optimal eingestellt ist. Bei Anlagen mit bis zu zwei Kompressoren kann die korrekte Einstellung der Steuerung meist durch den erfahrenen Betriebsmechaniker vorgenommen werden. Bei grösseren Anlagen mit drei oder mehr Kompressoren empfiehlt es sich, eine erfahrene Fachperson beizuziehen. Bei der Optimierung des Zusammenspiels der Kompressoren gehen Sie wie folgt vor.**

### 3.1 Ist-Situation aufnehmen

Ermitteln Sie in einem ersten Schritt die Last- und Betriebsstunden der Anlage.

- Bei Anlagen mit Laststundenzähler: Lesen Sie gemäss Betriebsanleitung des Kompressors oder gegebenenfalls auch der Steuerung die Last- und Betriebsstunden der Kompressoren ab.
- Bei Anlagen ohne Laststundenzähler: Erfassen Sie während einer halben Stunde die Last- und Betriebsstunden des Kompressors manuell mit einer Stoppuhr. Achten Sie darauf, dass dies in einer Phase geschieht, in der ein für den Betrieb typischer Druckluftverbrauch herrscht. Vergleichen Sie die Auslastung der Kompressoren (Laststunden / Betriebsstunden x 100%).

### 3.2 Ist-Situation analysieren

Analysieren Sie in einem zweiten Schritt die ermittelten Werte nach folgender Faustregel:

- Liegt der Wert zwischen 80 und 90%
  - > Dann ist die Anlage gut abgestimmt.
- Liegt der Wert zwischen 50 und 80%
  - > Dann besteht Handlungsbedarf.
- Liegt der Wert unter 50%
  - > Dann besteht dringender Handlungsbedarf.

### 3.3 Ursache untersuchen

Untersuchen Sie in einem dritten Schritt die Ursache. Eine schlechte Auslastung der Anlage kann drei Ursachen haben.

- *Möglichkeit 1:* Die Steuerung ist falsch eingestellt (= schlechte Konfiguration). In diesem Fall optimieren Sie die Steuerungsparameter selber oder ziehen Sie einen externen Fachmann bei. Lassen Sie sich im zweiten Fall vom Fachmann erklären, wie die Steuerung korrekt eingestellt wird.
- *Möglichkeit 2:* Die Grösse der Druckluftstation ist für Ihren Bedarf nicht optimal. Ziehen Sie in diesem Fall einen externen Fachmann bei. Lassen Sie sich von diesem aufzeigen, welche Optimierungsmöglichkeiten bei der Anlagenauslegung bestehen (z.B. Anlagesplitting, Drehzahlregulierung, Einsatzreihenfolge der Kompressoren...).
- *Möglichkeit 3:* Überprüfen Sie die Grösse Ihres Druckluftbehälters. Zu kleine Behälter führen zu ungünstigem Schaltverhalten der Kompressoren. Informationen zur Dimensionierung des Druckluftbehälters finden Sie im Infoblatt Steuerung unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch).

#### **Kleine Definition der Stundenangaben**

**Laststunden** sind die Stunden, in denen der Kompressor Luft verdichtet und somit Energie verbraucht.

**Leerlaufstunden** sind die Stunden, in denen der Antrieb des Schraubenkompressors läuft, es wird jedoch keine Luft verdichtet. Der Kompressor benötigt 20–30% des Energiebedarfs bei Lastbetrieb. Bei Druckluftbedarf schaltet er ohne Verzögerung in den Lastlauf.

**Betriebsstunden** sind die Summe der Laststunden und Leerlaufstunden.

# Massnahme 4

## Den Netzdruck optimieren

**Ein um 1 bar zu hoher Druck im Leitungssystem erhöht die Energiekosten um 7% – ohne einen zusätzlichen Nutzen. Je höher das Potenzial für eine Absenkung, umso grösser ist das Einsparpotenzial. Zusätzlich reduzieren sich durch die Druckabsenkung auch die Leckageverluste.**

Bei Anlagen mit einem Kompressor kann der Netzdruck durch den Betriebsmechaniker optimiert werden. Die Optimierung des Netzdrucks bei Anlagen mit mehreren Kompressoren ist dagegen anspruchsvoll und erfordert Erfahrung. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich hier einen Servicetechniker beizuziehen.

### 4.1 Abschätzung des erforderlichen Netzdrucks

Ist der Verbraucher mit dem höchsten Betriebsdruck bekannt, dann bestimmen Sie den notwendigen Netzdruck nach untenstehenden Faustregeln:

#### Ältere Anlagen

Der Netzdruck nach dem Kompressor kann anhand des erforderlichen Betriebsdrucks am Verbraucher und der Druckverluste bestimmt werden. Bei einem erforderlichen Betriebsdruck am Verbraucher von 6.3 bar berechnet sich der Netzdruck bei älteren Anlagen wie folgt:

$$\begin{aligned} & 6.3 \text{ bar} \quad \text{erforderlicher Betriebsdruck am Verbraucher} \\ + & 0.3 \text{ bar} \quad \text{Druckverlust Anschlusszubehör} \\ & \quad \quad \quad \text{(Kupplungen, Schläuche usw.)} \\ + & 0.2 \text{ bar} \quad \text{für die Druckverluste im Leitungsnetz} \\ + & 0.4 \text{ bar} \quad \text{für die Druckverluste in der Aufbereitung} \\ & \quad \quad \quad \text{(Filter, Trockner...)} \\ \hline = & 7.2 \text{ bar} \quad \text{Netzdruck nach den Kompressoren} \end{aligned}$$

Hinweise zum notwendigen Betriebsdruck an der Maschine und am Werkzeug findet man in den Anlagedatenblättern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Anbindung der Maschine bzw. des Werkzeugs bei älteren Anlagen der Druckabfall weniger als 0.3 bar beträgt (schmale Schläuche, schlechte Kupplungen erhöhen den Druckabfall erheblich).

Der Betriebsdruck an der Maschine kann einfach mit einem Einsteckmanometer ermittelt werden. Massgebend ist der Fließdruck, der sich bei Betrieb der Anlage einstellt und nicht der statische Druck, der bei Maschinenstillstand anliegt.

### 4.2 Optimierung des Netzdrucks

Der Netzdruck sollte nach dem Schritt-für-Schritt-Verfahren an den minimalen Netzdruck angenähert werden (speziell bei sehr ausgedehnten Anlagen mit vielen unterschiedlichen Werkzeugen). Dazu gehen Sie wie folgt vor:

- Senken Sie das Druckniveau in kleinen Schritten – zum Beispiel wöchentlich um 0.1 bar
- Beobachten Sie nach der Absenkung das Betriebsverhalten und Reaktionen der Mitarbeitenden
- Erhöhen Sie das Druckniveau um einen Schritt, sobald sich das Betriebsverhalten verschlechtert und/oder negative Reaktionen der Mitarbeitenden eingehen
- Optimierung beenden

### 4.3 Jährlich wiederholen

Die Anforderungen an den Netzdruck und die Druckeinstellungen sollten mindestens 1-mal jährlich überprüft werden.

#### Neue Anlagen

Der Netzdruck nach dem Kompressor kann anhand des erforderlichen Betriebsdrucks am Verbraucher und der Druckverluste bestimmt werden. Bei einem erforderlichen Betriebsdruck am Verbraucher von 6.3 bar berechnet sich der Netzdruck bei neuen Anlagen wie folgt:

$$\begin{aligned} & 6.3 \text{ bar} \quad \text{erforderlicher Betriebsdruck am Verbraucher} \\ + & 0.2 \text{ bar} \quad \text{Druckverlust Anschlusszubehör} \\ & \quad \quad \quad \text{(Kupplungen, Schläuche usw.)} \\ + & 0.1 \text{ bar} \quad \text{für die Druckverluste im Leitungsnetz} \\ + & 0.3 \text{ bar} \quad \text{für die Druckverluste in der Aufbereitung} \\ & \quad \quad \quad \text{(Filter, Trockner...)} \\ \hline = & 6.9 \text{ bar} \quad \text{Netzdruck nach den Kompressoren} \end{aligned}$$

# Investitions-Tipp 1

## Abschaltautomatik einbauen

Wie im Leitfaden für die Druckluft-Optimierung Massnahme 2 geschildert, kann ein falsches Vorgehen beim Ab- und Anschalten der Anlage Schäden an der Anlage und den Maschinen nach sich ziehen. Das Abschalten der Anlage während der Nacht und an Wochenenden ist jedoch ein lohnendes Sparpotenzial, das Sie nutzen sollten. Durch eine Automatisierung des Ab- und Einschaltprozesses kann jegliches Risiko ausgeschaltet werden. Um das Potenzial zu nutzen bestehen zwei Varianten:

1. Automatisches Abkoppeln des gesamten Leitungsnetzes oder eines Teilstrangs mit einem Kugelhahn mit Schaltuhr
2. Vollautomatisches Ein-/Ausschalten der Anlage

### 1. Automatisches Abkoppeln des Leitungsnetzes

Mehr als 95% der Verluste durch Leckagen treten nach der Druckluftzentrale auf. Diese Verluste lassen sich in Nicht-Betriebszeiten vermeiden, indem das Leitungsnetz oder Teile ausserhalb der Betriebszeiten abgekoppelt wird. Dies geschieht durch Einbau eines motorisch betätigten Kugelhahns in Verbindung mit einer Schaltuhr nach der Druckluftaufbereitung. Die Schaltuhr sollte dabei wie folgt programmiert werden:

- 30 Minuten nach Betriebsschluss schliesst der Kugelhahn und trennt die Verteilung von der Erzeugung. Der Kompressor und der Kältetrockner bleiben in Bereitschaft.
- 30 Minuten vor Betriebsbeginn öffnet der Kugelhahn sehr langsam (Achtung: keine Magnetventile einbauen). Das Druckluftnetz füllt sich so sukzessive. Eine Überlastung der Aufbereitung wird vermieden.

#### Massnahme in Kürze

- Einbau eines Kugelhahns mit einer Schaltuhr nach der Aufbereitung
- Lieferung des Kugelhahns durch Hersteller
- Einbau durch Hersteller oder bauseits

#### Investition

- ohne Einbau: CHF 450 (ø 1 Zoll) bis 1300 (ø 2 Zoll)
- mit Einbau: CHF 1000 (ø 1 Zoll) bis 2000 (ø 2 Zoll)

#### Energieeinsparung

- ø 1 Zoll Nachtabschaltung spart ca. 1000 CHF/a
- ø 2 Zoll Nachtabschaltung spart ca. 3900 CHF/a

#### Amortisationszeit

- ca. 1 Jahr

### 2. Vollautomatisches Ein-/Ausschalten der Anlage

Eine vollautomatische Steuerung koppelt 30 Minuten nach Betriebsschluss das Leitungsnetz mit einem elektrisch betriebenen Kugelhahn ab, schaltet den Kompressor und den Trockner aus. Die Schaltuhr wird so programmiert, dass die Steuerung den Trockner 30 Minuten vor Betriebsbeginn einschaltet, den Kompressor 15 Minuten später zuschaltet und langsam den Kugelhahn öffnet. Die Steuerung soll über einen Handschalter verfügen, der eine einfache Inbetriebnahme der Druckluftanlage auch ausserhalb der programmierten Betriebszeiten ermöglicht.

#### Massnahme in Kürze

- Einbau einer Anfahrautomatik inkl. Kugelhahn nach der Aufbereitung
- Lieferung der Anfahrautomatik durch Hersteller
- Einbau durch Hersteller

#### Investition

- ohne Einbau CHF 1700 (ø 1 Zoll) bis 2100 (ø 2 Zoll)
- mit Einbau CHF 2600 (ø 1 Zoll) bis 3000 (ø 2 Zoll)

#### Energieeinsparung

- ø 1 Zoll Leitung ca. 1100 CHF/a
- ø 2 Zoll Leitung ca. 4200 CHF/a

#### Amortisationszeit

- ca. 1 1/2 Jahre

(Berechnungen: CEPE ETH, Zürich / Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

# Investitions-Tipp 2

## Druckreduzier-Ventile einsetzen

**Maschinen und Werkzeuge benötigen in der Regel einen Betriebsüberdruck von 6 bis 6.3 bar. Ein zu hohes Druckniveau am Werkzeug (über 6.3 bar) reduziert die Leistung am Werkzeug, senkt die Lebensdauer und reduziert die Versorgungs-Sicherheit, während die Energie- und Betriebskosten steigen. Dabei gibt es drei mögliche Ausgangslagen:**

### Möglichkeit 1

Wenn alle Verbraucher einen geringeren Druckbedarf aufweisen als der tatsächliche Betriebsdruck:

- > Liegt der Druck im Leitungsnetz bei allen Verbrauchern über dem notwendigen Betriebsdruck, so kann der Netzdruck schrittweise reduziert werden (siehe Optimierung Netzdruck, Seite 6).

### Möglichkeit 2

Wenn nur einzelne Verbraucher einen höheren Druckbedarf aufweisen:

- > Muss der Betriebsdruck im Leitungsnetz nur wegen eines einzigen oder einigen wenigen Verbrauchern ein um mehr als 0.5 bar höheres Niveau erzeugen, so sind individuelle Druckerhöhungs-Lösungen für diese Verbraucher zu prüfen (z.B. lokaler Booster-Kompressor). Achten Sie zudem darauf, dass Druckverluste zwischen der Verteilung und dem Verbraucher möglichst tief gehalten werden. Allenfalls müssen alte Kupplungen, Stecker und Schläuche durch neue moderne mit geringem Druckabfall ersetzt werden (siehe Anschlusszubehör Seite 11).

### Möglichkeit 3

Wenn nur einzelne Verbraucher einen geringeren Druckbedarf aufweisen:

- > Benötigen einzelne Maschinen und Geräte ein tieferes Druckniveau, so empfiehlt sich der Einbau von Druckreduzier-Ventilen. Als Regel gilt: Liegt der Druck im Leitungsnetz um 0.5 bar oder mehr über dem notwendigen Betriebsdruck einzelner Verbraucher, so ist dort der Einsatz von Druckreduzier-Ventilen wirtschaftlich.



#### Massnahme in Kürze

- Einbau Druckreduzier-Ventil

#### Investition

- ohne Einbau CHF 100 bis 200
- mit Einbau CHF 400 bis 600

#### Amortisationszeit

- weniger als 1 Jahr  
(siehe [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch), Info-Blatt Werkzeuge)

(Berechnungen: CEPE ETH, Zürich / Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

# Investitions-Tipp 3

## Austausch zeitgesteuerter Kondensatableiter

**Zeitgesteuerte Kondensatableiter führen das Kondensat durch periodisches Öffnen des Ablassventils ab. Öffnet das Ventil, ohne dass Kondensat ansteht, wird stattdessen Druckluft abgeblasen. Die so ausgeblasene und ungenutzte Luft erhöht die Betriebskosten erheblich. Zeitgesteuerte Kondensatableiter sollten daher durch elektronisch niveaugesteuerte ersetzt werden.**

### **Die elektronisch niveaugesteuerten Kondensatableiter**

Hinsichtlich Kosteneffizienz und Unterhaltsaufwand sind die elektronisch niveaugesteuerten Kondensatableiter die beste Lösung. Ihr Vorteil: Bei diesen findet keine Emulsionsbildung statt. In der Kondensataufbereitung kann das Öl einfach vom Wasser getrennt werden (Schwerkrafttrennung Öl/Wasser). Dies vereinfacht die Entsorgung des Kondensats und senkt die Entsorgungskosten. Zudem können die elektronisch niveaugesteuerten Kondensatableiter mit einer Funktionsüberwachung ausgerüstet werden.



### **Die schwimmergesteuerten Kondensatableiter**

Bei schwimmergesteuerten Kondensatableitern wird das Wasser und das Öl stärker durchmischt als bei den elektronisch niveaugesteuerten. Es kann zu Emulsionsbildungen kommen, so dass die Entsorgung oder Aufbereitung des Kondensats teurer wird. Hinsichtlich der Energie-Effizienz besteht kein Unterschied zwischen elektronisch niveaugesteuerten Kondensatableitern und schwimmergesteuerten Kondensatableitern.

### **Die Empfehlung**

- Tauschen Sie zeitgesteuerte Kondensatableiter konsequent durch elektronisch niveaugesteuerte Kondensatableiter aus.
- Ersetzen Sie schwimmergesteuerte Kondensatableiter im Ersatzfall – wenn diese ohnehin aus Wartungsgründen ausgetauscht werden müssen – durch elektronisch niveaugesteuerte Kondensatableiter.
- Achtung: In allen Trocknern und Kompressoren sind Kondensatableiter eingebaut. Diese sind zum Teil verdeckt eingebaut und werden darum oft übersehen.

### **Massnahme in Kürze**

- Ersatz von zeitgesteuerten Kondensatableitern durch elektronisch niveaugesteuerte Modelle

### **Investition**

- ohne Einbau CHF 250 bis 800
- mit Einbau CHF 850 bis 1400

### **Energieeinsparung**

- am Nachkühler 200 bis 400 CHF/a
- am Kältetrockner 50 bis 400 CHF/a

### **Amortisationszeit**

- am Nachkühler ca. 1 Jahr
- am Kältetrockner typischerweise 3 Jahre  
(siehe [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch), Toolbox Kondensatableiter)

(Berechnungen: CEPE ETH, Zürich / Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

## Investitions-Tipp 4

### Dauerverbraucher mit Magnetventilen abschalten

**In manchen Maschinen sind ungesteuerte Druckluftverbraucher verborgen. Die unkontrollierten Verbraucher beziehen auch dann teure Druckluft, wenn die Maschine nicht in Betrieb ist und eigentlich kein Druckluftbedarf anliegt (typische unkontrollierte Verbraucher sind Blasdüsen oder Vakuuminjektoren). Diese Dauerverbraucher erhöhen die Betriebs- und Energiekosten massiv.**



Mittels einer einfachen Steuerung des Druckluftverbrauchs über die Maschine lassen sich diese Dauerverbraucher leicht abschalten. Installieren Sie dazu in der Druckluftzuleitung der Maschine ein Magnetventil, steuern Sie das Magnetventil über den Hauptschalter der Maschine. So wird beim Abschalten der Maschine auch automatisch die Druckluftversorgung abgekoppelt. Folge: Es wird nur noch Druckluft verbraucht, wenn die Maschine tatsächlich in Betrieb ist.

**Wichtig:** Bei manchen Maschinen muss stets ein erforderlicher Mindestdruck bei der Druckluftversorgung anstehen, da sonst Schäden oder unkontrollierte Maschinenzustände auftreten. Im Zweifelsfall empfiehlt sich darum vor dem Einbau eines Magnetventils eine Rückfrage beim Maschinen-Lieferanten.

#### **Massnahme in Kürze**

- Einbau eines Magnetventils zur Abschaltung der Dauerverbraucher ausserhalb der Maschinenbetriebszeit

#### **Investition**

- ohne Einbau CHF 350 (ø 1 Zoll) bis 750 (ø 2 Zoll)
- mit Einbau CHF 950 (ø 1 Zoll) bis 1450 (ø 2 Zoll)

#### **Amortisationszeit**

- 1 Jahr bei einer Ausschaltzeit von 12 Stunden

(Berechnungen: CEPE ETH, Zürich / Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

# Investitions-Tipp 5

## Altes Anschlusszubehör durch verlustarmes ersetzen

Indem Sie «Energie-Vernichter» vermeiden und bewusst verlustarme Armaturen, Kupplungen und Schläuche einsetzen, lassen sich lukrative Optimierungspotenziale ausschöpfen. Zwischen Druckluftverteilung und dem Werkzeug sollte es möglichst keine Querschnittsverengungen geben. Die folgenden drei Massnahmen stehen dabei im Vordergrund.

### 1. Bestehende Sitzventile (Armaturen) auswechseln

Tauschen Sie die installierten Sitzventil-Armaturen mit hohem Druckverlust durch moderne Kugelhähnen und Klappen mit vollem Durchgang aus.

### 2. Kupplungen mit vollem Durchgang einsetzen

Ersetzen Sie bestehende Druckluftkupplungen mit hohen Druckverlusten kontinuierlich durch moderne mit vollem Durchgang. Kupplungen mit vollem Durchgang weisen bei einem Druck von 7 bar (resp. 6 bar Überdruck) und der benötigten Durchflussmenge einen Druckverlust von nicht mehr als 0.1 bis 0.2 bar auf. Ein weiteres positives Leistungsindiz ist eine Durchflussleistung von mehr als 800 Liter/Minute bei einem Druck von 7 bar (resp. 6 bar Überdruck).



### 3. Alte und Energie fressende Schläuche eliminieren

Wechseln Sie alte Schläuche konsequent und kontinuierlich durch moderne PU-Schläuche aus. Beachten Sie folgende Grundsätze:

- Wählen Sie die Länge jedes Schlauchs nur so, wie effektiv notwendig. Jeder unnötige Meter Schlauchlänge erhöht die Druckverluste und damit die Kosten.
- Verwenden Sie möglichst nur kurze gerade Schläuche.
- Wählen Sie möglichst grosse Schlauch-Innendurchmesser (z.B. Spiralschläuche haben oft einen zu kleinen Innendurchmesser, was unnötige Druckverluste verursacht, eine Erhöhung des Netzdrucks erfordert und so die Betriebskosten unnötig erhöht).
- Spiralschläuche sollten nur für die letzten 3 bis 5 Meter vor dem Arbeitsort eingesetzt werden.
- Bevorzugen Sie wo möglich und sinnvoll Schlauchabroller. Achten Sie aber auch hier darauf, dass der Schlauch nur so lange ist, wie für den effizienten Arbeitseinsatz notwendig. Ein dauernd aufgerollter Schlauch im Abroller, der nicht genutzt wird, kostet Geld und verursacht unnötige Druckverluste (bzw. kann die Betriebskosten erhöhen).

**Faustregel:** Nach der fest installierten Druckluftverteilung nie mehr als einen Schlauch oder einen Schlauchabroller einsetzen. Werden mehrere Schläuche aneinander gekoppelt, prüfen Sie, ob das fest installierte Leitungsnetz nicht näher an den Arbeitsplatz geführt werden kann.

# Kampagne Effiziente Druckluft

## www.druckluft.ch

Die Kampagne Effiziente Druckluft setzt auf die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Forschungsinstituten und den führenden Unternehmen, die im Bereich der Drucklufttechnik tätig sind. Gemeinsam mit dem Bundesamt für Energie, dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich und EnergieSchweiz soll das Ziel der Energie-Effizienz in Druckluftanlagen in der Praxis umgesetzt werden.

Im Rahmen der Kampagne Druckluft gibt es unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch) für die Betreiber von Druckluftanlagen verschiedene kostenlose Angebote.



### Anlagen-Neubeschaffung

Dieser Entscheidungs-Wegweiser zur kosteneffizienten Druckluftanlage zeigt Ihnen, wie Sie die Anlagen-Neubeschaffung planmässig richtig angehen.



### Die Informations-Homepage

Auf der Homepage [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch) finden Sie weiterführende Informationen sowie interaktive Instrumente und Online-Hilfsmittel wie die Bewertung Ihrer Anlage im Rahmen des Druckluft-Benchmarkings oder dem Leckagerechner zur Quantifizierung der Leckagepotentiale in Ihrer Anlage.



### Anlagen-Erneuerung

Dieses Bestellpaket führt Sie bei einer Anlagen-Erneuerung gezielt und sicher zum kosten- und energieeffizienten Resultat.