

Massnahmen zur Senkung des Druckluftbedarfs der Anwendungen



Erarbeitet im Rahmen der Kampagne effiziente Druckluft von EnergieSchweiz mit dem Wissen und der Unterstützung von:

- Roland Bonicalza, SMC Pneumatik
- Franco Cairella, Kaeser Kompressoren
- Urs Eggimann, Amstein + Walthert
- Rolf Gloor, Gloor Engineering
- Joe Keist, CEJN
- Michael Kowalski, IMI Precision Engineering
- Thomas Lang, zweiweg
- Richard Phillips, Bundesamt für Energie
- Bernard Pittet, Atlas Copco
- Alex Thalmann, Prematic
- Christian Werner, zweiweg
- Hanspeter Widmer, Donaldson Schweiz

Zürich, 28. Februar 2017
Version 1.1

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Druckluft bei Werkzeugen.....	3
1.2	Druckluft als Prozessmedium	3
1.3	Übersicht.....	3
1.4	Folgende Hebel sind möglich, um den Druckluftbedarf zu senken.....	3
1.5	Grundsatzüberlegungen beim Einsatz der Druckluft	3
1.6	Wann lohnt es sich eine Druckluftanwendung anzuschauen?	4
2	Akteure	7
3	Massnahmen	11
3.1	Druckluft-Versorgungsleitungen zum Werkzeugen und Maschinen ...	12
3.2	Druckluft-Steuerleitungen und Arbeitsluft (in Maschinen).....	13
3.3	Blaspistolen (zum Reinigen)	14
3.4	Blasanwendungen in Maschinen	17
3.5	Kühlen mit Druckluft.....	18
3.6	Vakuum erzeugen mit Druckluft.....	19
3.7	Bohren und schrauben mit Druckluft	20
3.8	Antriebsaufgaben mit Druckluft.....	21
3.9	Druckluft in Trocknungsprozessen	22
3.10	Druckluft für Filterabreinigung (Aspiration)	22
3.11	Druckluft als Sperr- oder Spülluft (z.B. in Werkzeugmaschinen)	23
3.12	Druckluft zur Reinigung	24
3.13	Druckluft zum Sand- oder Kugelstrahlen	25
3.14	Druckluftbetriebene Membranpumpen und Mammutpumpen	26

1 Einleitung

Die Einsatzbereiche für Druckluft sind traditionell breit gefächert, da Druckluft eine Energieform ist, die sehr flexibel für unterschiedlichste Zwecke verwendet werden kann. Doch Druckluft ist – was einem oft nicht bewusst ist – eine sehr wertvolle Energieform, die bewusst eingesetzt werden sollte. Nebst einer effizienten Erzeugung und Verteilung der Druckluft liegt in der Reduktion des Druckluftbedarfs ein grosses wirtschaftliches Sparpotenzial für die Unternehmen.

1.1 Druckluft bei Werkzeugen

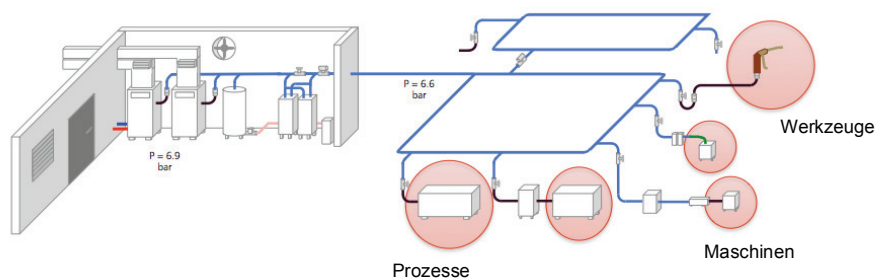
Eine Vielzahl von Werkzeugen im Gewerbe und in der Industrie wird mit Druckluft betrieben.

1.2 Druckluft als Prozessmedium

Druckluft wird als Medium in verschiedene Verfahren, Prozesse und Maschinen eingebunden. Dazu gehören: Trocknungsprozesse, Fördern (z.B. Mammutpumpen), Reinigung (z.B. Filter-Abreinigung), Belüftung (z.B. Klärbecken), Pressluft (z.B. Werkzeugmaschinen), Gärluft (z.B. Fermentation), Steuerluft, Antriebe (z.B. Zylinder) oder Sandstrahlen.

1.3 Übersicht

Bei der Bedarfsreduktion soll der Druckluftverbrauch der Anwendungen nach dem Kugelhahn des Druckluftversorgungssystems – die Werkzeuge, Maschinen und Prozesse – optimiert werden.



1.4 Folgende Hebel sind möglich, um den Druckluftbedarf zu senken

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Anderes Verhalten | > Boden oder Anlagen/Gebäude wischen statt abblasen |
| 2. Richtiges Einstellen | > Menge, Zeit bei Blasdüsen regulieren |
| 3. Das Selbe mit weniger Energie | > effiziente Werkzeuge einsetzen |
| 4. Substitution | > Druckluftantrieb durch Elektroantriebe ersetzen |
| 5. Neue Vorschriften | > ineffiziente Lösungen verbieten (hier nicht das Thema) |

1.5 Grundsatzüberlegungen beim Einsatz der Druckluft

In vielen Betrieben ist Druckluft einfach da, darum wird sie gebraucht. So ist es oft einfacher, einen Druckluftanschluss zu installieren als einen Elektroanschluss.

Grundsätzlich muss in einem ersten Schritt jede Druckluft-Anwendung (z.B. Bohrmaschine) hinterfragt werden:

1. braucht es die «Bohrmaschine» – wird sie noch genutzt?
2. kann die «Bohrmaschine» mit weniger Luft (Menge) oder kürzer (Zeit) betrieben werden?
3. können die Löcher mit einer anderen Technologie wirtschaftlicher gebohrt werden?

1.6 Wann lohnt es sich, eine Druckluftanwendung genauer anzuschauen?

Nicht alle Druckluftanwendungen haben bezüglich dem Energie- resp. Druckluftverbrauch denselben Stellenwert. Die folgenden Gruppen zeigen, wann sich eine Prüfung lohnt.

Gruppe A: Verbrauchsintensive Anwendungen

Bei Anwendungen, welche mehr als 5000 m³ Druckluft pro Jahr «verbrauchen» resp. mehr als 150 Franken Energiekosten verursachen, lohnt es sich hinzuschauen.

Als Richtgrösse kann dabei von folgenden Betriebszeiten resp. Bewegungen (Hube) ausgegangen werden:

Beispiel Werkzeuge

> Gewerbebetrieb (5 Arbeitstage pro Woche – resp. 40 Stunden pro Woche)

Anwendung	Luftbedarf [L/min]	Richtwert [Minuten pro Tag in Betrieb]
Blaspistole	120 l/min	160
Blaspistole	210 l/min	90
Farbspritzpistole	260 l/min	75
Bohrmaschine	400 l/min	50
Exzenter-Schleifer	500 l/min	40
Schrauber	200 l/min	100
Schlagschrauber	300 l/min	65
Schlagschrauber	800 l/min	25
Nagler	200 l/min	100

Beispiel: Wird mit einer Bohrmaschine mit einem Luftbedarf von 400 l/min täglich länger als 50 Minuten gearbeitet (aktiv gebohrt), braucht diese im Jahr mehr als 5'000 m³ Luft und der Einsatz sollte geprüft werden.

Beispiel Zylinder in einer Maschine

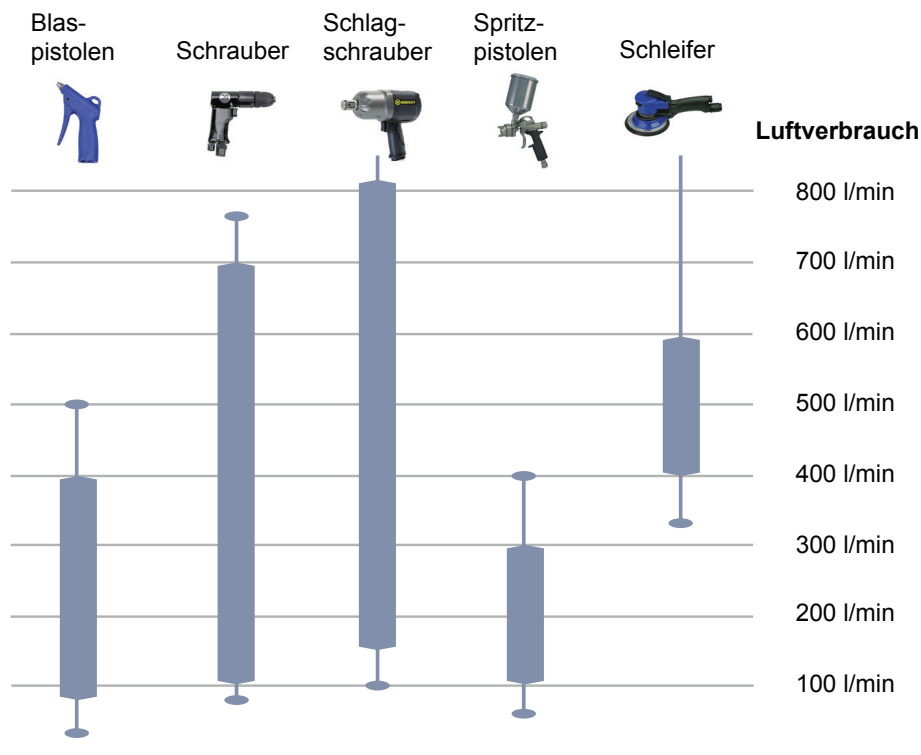
> Produktionsbetrieb, 330 Arbeitstage pro Jahr, 24 Stunden (7'900 h/a)

Doppelwirkender Zylinder		
Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Richtwert [Hube pro Minute]
32mm	100mm	65
63mm	100mm	17
125mm	100mm	4
200mm	100mm	2

> Produktionsbetrieb, 250 Arbeitstage pro Jahr, 8 Stunden (2'000 h/a)

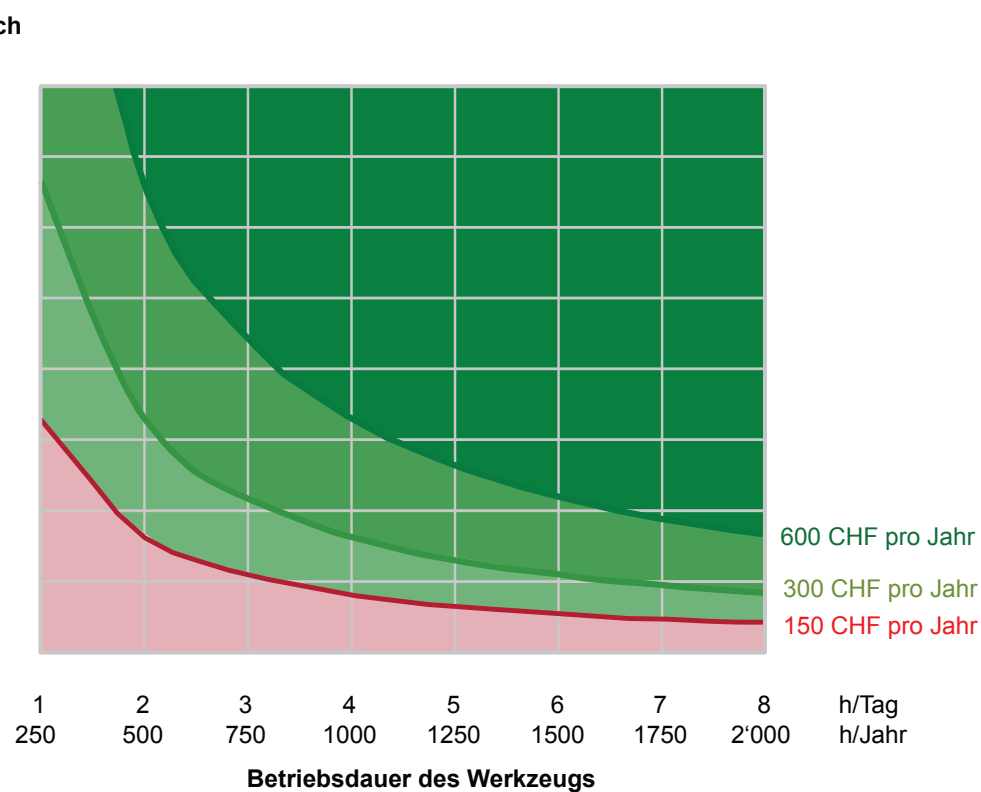
Doppelwirkender Zylinder		
Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Richtwert [Hube pro Minute]
32mm	100mm	259
63mm	100mm	67
125mm	100mm	17
200mm	100mm	7

Werkzeuge und ihr typischer Luftverbrauch



Jährliche Energiekosten nach Luftverbrauch und Betriebsdauer

Rote Fläche: in diesem Bereich betragen die jährlichen Energiekosten für die Druckluft weniger als 150 Franken. Hier ist es fraglich, ob sich der Aufwand lohnt den Bedarf der Anwendung genauer anzuschauen.



Gruppe B: Dauernd einsatzbereite Anwendungen, die wenig Druckluft benötigen

Bei selten genutzten Druckluftanwendungen, die permanent einsatzbereit sein müssen und wegen denen das Druckluftnetz immer unter Druck gehalten wird, zahlt sich eine Optimierung oft nicht aus. Sie verursachen einen geringen Energie- resp. Kostenaufwand und somit kann bei einer Optimierung auch wenig eingespart werden.

Da das Netz dauernd unter Druck steht, entstehen jedoch durch die Leckagen im Druckluftnetz unnötige Energieverluste und Kosten. Darum sollte das restliche Netz abgekoppelt werden oder mit einem kleinen Kompressor die Druckluft dezentral erzeugt werden.

Bei Ersatzinstallationen oder Neubauten ist zu prüfen, ob in solchen Fällen eine dezentrale Druckluftherzeugung (kleiner Kompressor) oder eine elektrische Lösung wirtschaftlicher wären.

Beispiele solcher Anwendungen:

- > einzelner Fensteröffner-Zylinder
- > Tankstelle mit Pneufüller
- > Lüftungsklappen
- > Schieber für Wasserleitung
- > Niveaumessung mit Druckluft
- > Membranpumpen zur Wasserförderung
- > Sperrluft/Spülluft bei Werkzeugmaschinen

Gruppe C: Alle anderen Anwendungen

Für die anderen Anwendungen lohnt sich der Aufwand (Material und Zeit) für Analyse und Optimierung nicht, da bei den heutigen Energiepreisen die finanziellen Einsparungen zu gering sind.

2 Akteure

Die Akteure nehmen unterschiedliche Funktionen bei der Bedarfsreduktion wahr. Daher sind auch die Erwartungen an die Akteure unterschiedlich.

Akteur	Erwartungen	Was braucht der Akteur
Mitarbeitende (Arbeiten mit der Druckluft)		
	Täglich	- Vorgaben, wie er/sie sich verhalten soll (z.B. ein Infoblatt, Instruktion) > siehe Beispiele SUVA
	- sollen die Druckluft bewusst und verantwortungsvoll nutzen	- gute Vorbilder (Vorgesetzte)
	- sollen wachsam sein und den Vorgesetzten informieren, wenn sie Ungereimtheiten feststellen (Leaks, Dauerverbraucher, ...)	- Informationen zum «Wert» der Druckluft (sensibilisieren)
		- Bonus für «richtiges Verhalten»
Technischer Leiter – Leiter Produktion		
	Bei einer Neubeschaffung	- Vorgaben, was von ihm und seinen Mitarbeitenden erwartet wird > Anweisungen der Geschäftsleitung
	- sollen sich bei der Beschaffung die Wirtschaftlichkeit der Druckluft-Lösung aufzeigen lassen resp. den Jahresverbrauch berücksichtigen	- Hilfsmittel, mit dem er seinen Mitarbeitenden aufzeigen kann, wie sie die Druckluft «richtig» nutzen > z.B. ein Infoblatt,
	- sollen beim Kauf eines neuen Werkzeuges resp. einer Maschine den Druckluft-Verbrauch und den Druck auflisten lassen	- Bonus für «richtiges Verhalten»
	Täglich zu prüfen	
	- sollen die Mitarbeiter und Kolleginnen sensibilisieren, dass Druckluft eine wertvolle Energie ist	
	- sollen versuchen, die Anlage ausserhalb der Arbeitszeit oder bei Nichtgebrauch abzuschalten	
	Mindestens 1x jährlich prüfen	
	- sollen den Druckluft/Stromverbrauch überprüfen	
	- sollen die Blasanwendungen, die mehr als 5'000 m3 Druckluft pro Jahr verbrauchen, durch eine Fachperson überprüfen und die Zeit und Menge optimal einstellen lassen	
	- sollen das Druckluftnetz prüfen lassen (Lecksuche, Filter ...)	

Akteur	Erwartungen	Was braucht der Akteur
Für den Unterhalt zuständige Fachperson im Unternehmen		
> Oft fehlen Leute, die für den Unterhalt zuständig sind. Das sind jedoch wichtige Akteure, wenn es darum geht, den Druckluft-Bedarf zu senken resp. zu optimieren.		
	Einmalig	- Vorlagen/Muster für einen Wartungs- und Instandhaltungsplan für die Druckluftanlage
	- sollen einen Wartungs- und Instandhaltungsplan erstellen	- Schulungsangebot (z.B. alle paar Jahre ein Up-date-Kurs über die neusten Entwicklungen in der Druckluft)
	- sollen einen Druckluftkurs besuchen (Unterhaltsfachleute grösserer Anlagen)	- Benötigen Messgeräte (Strom, Leckagesuchgerät, Luftmenge...), um den Zustand der Druckluftanlage überprüfen zu können
	Regelmässig	
	- sollen die Anlage 3-4 Mal pro Jahr auf Leckagen prüfen	
	- sollen energieeffizientes Verbrauchsmaterial (dicht, geringer Druckabfall...) beschaffen	
	- sollen die Filter überprüfen und überflüssige/doppelte Filter aus dem System entfernen	
	jährlich	
	- sollen ein Mal im Jahr die Druckluftanlage überprüfen (Wartungs- und Instandhaltungsplan, Druckluft-Check...)	
Geschäftsleiterin		
	Täglich	- Informationen zum Stellenwert, zur Wichtigkeit der Druckluft für das Unternehmen
	- sollen die Mitarbeitenden im sparsamen Umgang mit der Druckluft unterstützen	- Informationen, wo wie viel Energie für die Druckluft im Unternehmen gebraucht wird (visuelle Darstellung)
	- soll den aktuellen Energieverbrauch visualisieren lassen und so die Mitarbeitenden sensibilisieren	- Muster/Vorlage, welche Angaben vom Technischen Leiter benötigt werden und wie mögliche Vorgaben an den technischen Leiter aussehen könnten.
	Jährlich	- Budget (z.B. für Lösungen zum Reinigen wie z. Bsp. Reinigungsstationen, Staubsauger etc.)
	- sollen im Jahres-/Umwelt-/Energiebericht den Energieverbrauch der Druckluftanlage ausweisen lassen	
	- sollen bei Jahresenergiekosten der Druckluft von über 5000 Franken eine Analyse durchführen lassen (jährlicher Druckluftverbrauch von mehr als 150'000 m3)	

Akteur	Erwartungen	Was braucht der Akteur
Druckluftexperten (Planer, Energiefachperson, Prozessspezialistin)		
Druckluftexperten sind unabhängige Experten die ein grosses Druckluft-Fachwissen mitbringen. In der Schweiz dürfte es ganz wenige solcher Experten geben. Es ist auch nicht definiert, welches Wissen und welche Kompetenzen ein qualifizierter Experte oder eine qualifizierte Expertinnen mitbringen muss. Insofern ist es für die Betreiber sehr schwer solche Experten im Markt zu erkennen und zu finden.		
	Jährlich resp. wenn er vor Ort oder ein Projekt in Arbeit ist - sollen den Technischen Leiter auf das Thema ansprechen - sollen die Prozesse/Anwendungen analysieren und den Bedarf (Menge/Zeit) optimal einstellen können - sollen eine Bilanz des Verbrauchs der Druckluftanwendungen und der gemessenen Druckluftbereitstellung machen und die Differenzen erklären (Lecks ...) - sollen den Anteil der Druckluft am Gesamtstromverbrauch ermitteln - sollen Instrumente wie ISO 50001 kennen und der Druckluft im Energiemanagement entsprechend Raum geben	- braucht einen Ansprechpartner im Unternehmen
Maschinenhersteller (OEM-Produzenten)		
	- sollen bei der Konstruktion und Auslegung der Maschinen der Druckluft mehr Beachtung schenken - sollen mit möglichst tiefen Drücken arbeiten - sollen alle internen Druckluftanwendungen bedarfsgesteuert betreiben - sollen alternative Antriebs- und Steuerformen prüfen - sollen in der Maschine vorsehen, dass diese ausserhalb der Betriebszeiten die gesamte Druckluft abkoppelt - sollen die Maschinen mit Funktionen ausrüsten, die den Druckluftverbrauch selbständig überprüfen und Abweichungen/Veränderungen melden resp. anzeigen. > z.B. Druck- und Durchflussüberwachung zur Erkennung von Leckagen - Druck- und Durchflussüberwachung - sollen auf jedem Typenschild den effektiven Druckluftverbrauch in Liter/Minute, den maximalen Verrbrauch sowie den Betriebsdruck angeben - sollen Verbindungen (Verschraubungen, Steckanschlüsse, Kupplungen, Schlauchverbinde, Einschraubstutzen etc.) mit (langfristig) dichten Produkten ausführen	- Grundlegende Informationen zu effizienten Druckluft-Lösungen in den Maschinen > Schulung, Infoblatt...

-
- sollen eine Option anbieten, die ohne Druckluft auskommt
-

Akteur	Erwartungen	Was braucht der Akteur
--------	-------------	------------------------

Lieferanten und Hersteller (Druckluft-Systemanbieter)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - sollen effiziente Lösungen anbieten (tiefe Life Cycle Cost LCC) - sollen sich gemeinsam auf Kenngrößen/Messverfahren zur Beurteilung der Energieeffizienz einigen:
> z.B. kWh/m³ bei 6 bar oder Rp./kWh - sollen den Kunden bezüglich dem Druckluft-Bedarf und den Möglichkeiten zur Bedarfsreduktion informieren, sensibilisieren und motivieren | <ul style="list-style-type: none"> - Unterlagen, die abgegeben werden können |
|---|---|
-

Service-Fachleute des Maschinenlieferanten

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Verfügen über das Druckluftfachwissen der Komponenten in ihrer Maschine (Anschlussmaterial, Zylinder, Motoren, Blasdüsen...) - Können die Komponenten richtig einstellen (z.B. Blasdüsen: Menge und Zeit) - Können Messwerte lesen und richtig interpretieren - Können Leerlaufstunden, Kosten etc. beurteilen | <ul style="list-style-type: none"> - Notwendige Messgeräte |
|---|---|
-

Service-Fachleute des Werkzeuglieferanten

Gibt es in der Praxis nicht, diese Funktion übernehmen die Unterhaltsfachleute des Kunden

-

3 Massnahmen

Um eine grobe Beurteilung der Massnahmen zu ermöglichen, wurden den einzelnen Massnahmen ein Sparpotential und Kosten für deren Umsetzung zugeordnet. Diese Angaben sind grobe Schätzungen. Die tatsächlichen Werte können je nach Anlage davon abweichen. In jedem Fall empfiehlt es sich, die Einsparungen und Kosten objektspezifisch zu analysieren und einen Kosten/Nutzen-Vergleich zu erstellen.

Die Beurteilung der Massnahmen erfolgt nach folgendem Raster:

Welcher Akteur kann/soll die Massnahmen umsetzen?

Mitarbeitende
Fachperson Unterhalt
Technischer Leiter
Geschäftsführerin
Druckluftexperte
Maschinenhersteller
Lieferanten/Hersteller
Servicefachleute Maschinenlieferant

Grössenordnung der Energie- und Kosteneinsparung?

★★★★★ sehr gross
★★★★ gross
★★★ mittel
★★ gering
★ sehr gering

Was kostet die Umsetzung der Massnahme? (Zeit und Material?)

bis 100 CHF
100 bis 500 CHF
500 bis 1'000 CHF
> 1'000 CHF (Investitionen)

3.1 Druckluft-Versorgungsleitungen zu den Werkzeugen und Maschinen

Bei guten, neuen Druckluftanlagen darf der Druckverlust zwischen dem Absperrventil und dem Werkzeug nicht > 0.2 bar betragen. Die Fliessgeschwindigkeit sollte maximal 6 m/s betragen.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
1. Möglichst kurze Schläuche einsetzen	Mitarbeitende Fachperson Unterhalt Technischer Leiter	★★	100 - 500 CHF	
2. Schläuche mit glatter Innenfläche einsetzen	Mitarbeitende Fachperson Unterhalt Technischer Leiter	★★	100 - 500 CHF	
3. Schläuche mit grossem Innendurchmesser einsetzen	Mitarbeitende Fachperson Unterhalt Technischer Leiter	★★	100 - 500 CHF	
4. Kupplungen mit geringem Druckabfall (hoher Durchfluss) einsetzen, diese bieten mehr Leistung und verbrauchen weniger Energie	Mitarbeitende Fachperson Unterhalt Technischer Leiter	★★	100 - 500 CHF	

3.2 Druckluft-Steuerleitungen und Arbeitsluft (in Maschinen)

Bei Steuerleitungen ist in der Regel der Druckverlust und die benötigte Luftmenge (Länge x Querschnitt) massgebend. Eine gewisse Luftmenge in den Leitungen ist oft sinnvoll, um Pulsationen im Steuerluftsystem zu vermeiden. Der Fokus bei den Massnahmen soll bei Anlagen liegen, die viel Druckluft benötigen (resp. viele Bewegungen).

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
5. Pneumatische Schaltungen (Steuerventile) nahe am Verbraucher platzieren	Maschinenlieferant	★★★	100 - 500 CHF	
6. Bei Schläuchen, die immer unter Druck stehen (z.B. Zuleitung zur Maschine), möglichst kurze und grosse Schläuche einsetzen > Druckverluste minimieren	Maschinenlieferant	★★★	100 - 500 CHF	
7. Bei Schläuchen, die im Prozess integriert sind und sich «füllen» und «entleeren» (z.B. Schlauch zwischen dem Steuerventil und einem Zylinder) den Schlauchinhalt (Luftvolumen) möglichst klein halten. > Schlauchinhalt ist verlorene Druckluft	Maschinenlieferant	★★★	100 - 500 CHF	
8. Ventilblöcke / Ventilinseln auf äussere Leckagen überprüfen und abdichten	Fachperson Unterhalt Servicefachleute	★★★	100 - 500 CHF	
9. Ventilblöcke / Ventilinseln auf innere Leckagen überprüfen und allenfalls ersetzen	Fachperson Unterhalt Servicefachleute Maschinenlieferant	★★★	500 - 1'000 CHF	Oft können innere Leckagen gar nicht festgestellt werden (Verluste)
10. Ventilinseln auf äussere Leckagen überprüfen und abdichten > in etwa dito mit Nr. 8. > Was ist der Unterschied zwischen Ventilblöcke und Insel	Fachperson Unterhalt Servicefachleute	★★★	100 - 500 CHF	
11. Ventilinseln auf innere Leckagen überprüfen und allenfalls ersetzen > dito Punkt 10.	Fachperson Unterhalt Servicefachleute Maschinenlieferant	★★★	500 - 1'000 CHF	Oft können innere Leckagen gar nicht festgestellt werden (Verluste)

3.3 Blaspistolen (zum Reinigen)

Blaspistolen zum Reinigen (z.B. zwischen einzelnen Produktionsschritten, der Arbeitsfläche, des Arbeitsplatzes, eines Werkstücks...) oder Abblasen (z.B. Späne oder Kühlschmierstoffe (KSS) vom Werkstücken) etc. verbrauchen viel Luft. Man spricht hier auch vom teuren pneumatischen Besen.

Mit Blasen wird der Schmutz oft – mit Ausnahme bei der Nutzung eines Auffangbeckens – im Raum verteilt, statt dauerhaft entfernt (z.B. Kühlschmierstoffe, die als feines Aerosol zerstäubt werden, was ungesund ist). Zudem wird im Vergleich zum Reinigen von Hand oder mit einem Sauger viel Energie benötigt. Auf der anderen Seite ist das «Reinigen» mit Druckluft für die Mitarbeitenden einfach, braucht wenig Kraft und erledigt die Arbeit schnell (Zeitersparnis).

Kühlschmierstoffe an Werkstücken sind sogenannte Verschleppungen. Werden diese vor dem Reinigungsbad weitgehend entfernt, kann die Spülwassermenge reduziert werden. Eine Möglichkeit, Verschleppungen zu entfernen ist das «Abblasen» mit Druckluft.

Druckluft eignet sich überall dort als Reinigungswerkzeug, wo eine mechanische Reinigung (Besen, Flüssigkeit, Sauger...) nicht möglich ist. Zum Beispiel wenn Bohrungen in feuchteempfindlichen Produkten ausgeblasen werden müssen oder in explosionsgefährdeten Bereichen.

Achtung: Gemäss der ATEX-Richtlinie müssen auch pneumatische Geräte zertifiziert sein, damit diese im Ex-Bereich eingesetzt werden dürfen (ATEX-Zertifikat).

Bei Blasanwendungen sind die Sicherheitsvorgaben zu beachten (SUVA)

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
4.3.1 Wenn eine Blaspistole benötigt wird				
Effiziente Blaspistole wählen.				
Das Problem: «Die meisten Anbieter verkaufen sogenannte Energiespardüsen, ohne aber die Blasleistung zu deklarieren.»				
12. Modelle mit Venturi-Düsen	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	< 100 CHF	
13. Modelle mit kleineren Düsen resp. geringerem DL-Verbrauch (da es keine anwendungsorientierten Testreihen gibt, wird empfohlen, einige Modelle mit unterschiedlichen Luftmengen und Blasformen auszutesten).	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	< 100 CHF	

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
4.3.2 «Aufsammeln» mit Druckluft				
Effiziente Blaspistole wählen. Das Problem: «Die meisten Anbieter verkaufen sogenannte Energiespardüsen ohne aber die Blasleistung zu deklarieren.»				
14. •reinigen mit Staubsauger oder einer Reinigungsstation zur Personen-Reinigung	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Kostenpunkt Reinigungsstation ca. 1'200.-
15. reinigen mit Besen (Boden...) oder Handwischer (Arbeitsfläche...)	Mitarbeitende Technischer Leiter	★★★	bis 100 CHF	
4.3.3 «Fernhalten» mit Druckluft				
(Im Allgemeinen gelten diese Aussagen auch für Kapitel 5 (Blasanwendungen in Maschinen))				
16. Soll etwas ferngehalten werden, so soll bis zu einem Druck von 0.2 bar ein Ventilator eingesetzt werden. z.B. für Kühlen, Reinigen von Sensoren und Beobachtungsfenster oder Staub in einem Prozess	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Investition
17. Soll etwas ferngehalten werden, so soll bis zu einem Druck von 1.5 bar ein Gebläse eingesetzt werden. z.B. für Späne, Entfernen von Flüssigkeiten, bei richtiger Dimensionierung für Sperrluft	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Investition
18. Soll etwas ferngehalten werden, so soll über einem Druck von 1.5 bar geprüft werden, ob sich ein separates DL-Netz mit 2 bis 4 bar lohnt	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Investition

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
4.3.4 «Abblasen» von Verschleppungen				
19. Falls Druckluft eingesetzt wird auf einen geringen Druck achten	Maschinenhersteller Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Investition
20. Längere Abtropfzeiten	Maschinenhersteller Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	bis 100 CHF	Zeit einstellen
21. Mechanische Abstreifsysteme	Maschinenhersteller Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★	> 1'000 CHF	Investition

3.4 Blasanwendungen in Maschinen

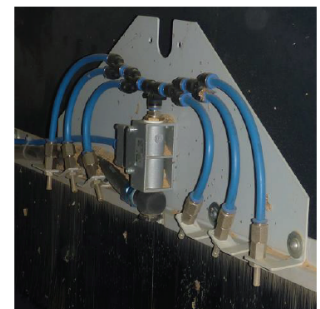
Es gibt eine grosse Vielfalt an Blasanwendungen in Maschinen: Düsen, Luftvorhänge, Luftmesser, Flachstrahldüsen etc. Bei grösseren Anwendungen wäre es zudem sinnvoll, den Luftverbrauch über einen Zyklus zu messen und dabei den Prozess zu beobachten.

«Theoretisch erreicht man mit 0.9 bar Überdruck Schallgeschwindigkeit, aber die Blasdüsen in den Maschinen laufen mit 4 bis 7 bar Überdruck.»

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
22. Die Anwendung «Düse» bläst nur, wenn die Maschine resp. der Prozess in Betrieb ist (bedarfs- oder zeitgesteuert)	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
23. Ausserhalb der Betriebszeiten der Maschine wird die Düse mit einem Ventil/Magnetventil vollständig abgetrennt	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	bis 100 CHF > 1'000 CHF	Zeit einstellen Investition
24. Die Blaszeit wird möglichst kurz eingestellt	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	bis 100 CHF > 1'000 CHF	Zeit einstellen Investition
25. Blasendüsen mit angepasster Düsengeometrie wählen	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
26. Es soll eine möglichst geringe Luftmenge an der Düse eingestellt werden, so dass der Prozess/Arbeitsgang funktioniert.	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	bis 100 CHF	
27. getaktete Blasdüsen einsetzen (Blasen)	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
28. Systeme mit einem konzentrierten, begrenzten Strahl wählen (Airblade)	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

Luftverbrauch von Blasdüsen mit unterschiedlichen Öffnungen
(Quelle: Rolf Gloor, Sufers)

	Luftverbrauch in Liter/Minute						
Düsenöffnung	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar
0.5 mm	8	10	12	15	18	22	28
1.0 mm	25	35	45	55	65	75	85
1.5 mm	60	75	95	110	130	150	170
2.0 mm	105	145	180	220	250	290	330
2.5 mm	175	225	280	325	380	430	480
3.0 mm	230	370	400	465	540	710	790



3.5 Kühlen mit Druckluft

Es gibt verschiedene Anwendungen, die mit Hilfe von Druckluft kühlen: z.B. Kaltluftstab, Kaltluft-Vorhang etc. Der Vorteil ist, dass hier – im Gegensatz zu einer Kühlung mit einer Flüssigkeit – trocken gekühlt werden kann.

Oft wird zur Temperaturreduktion in unzugänglichen Teilen einer Anlage – die Überhitzung ist dabei meist auf konstruktive Mängel zurückzuführen – schnell ein Druckluftschlauch hingezogen und dann mittels Druckluft / Blasluft gekühlt.

Anregung: Mit einer Wirtschaftlichkeitsrechnung aufzeigen, wie hoch die Kühlkosten der unterschiedlichen Systeme sind.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
29. Permanentes Kühlen mit Druckluft resp. Kühlungen, die mehr als 300 Stunden pro Jahr in Betrieb sind, mit einer Kälteanlage lösen	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
30. Wenn Kühlen, dann nur bei Bedarf kühlen (bedarfsgesteuert oder zeitgesteuert)	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	bis 100 CHF > 1'000 CHF	Zeit einstellen Investition
31. Kühlung mittels Ventilator oder Gebläse	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

3.6 Vakuum erzeugen mit Druckluft

Es gibt verschiedene Anwendungen, die mit Hilfe von Druckluft ein Vakuum erzeugen. Mit Vakuum kann man verpacken, trocknen, spannen, saugen (Sauggreifer), anheben, positionieren. Der Vorteil von Druckluft-Vakuum ist der geringe Platzbedarf und dass die Installation/Zuleitung oft bereits vorhanden ist.

Wenn das Vakuum mit Druckluft erzeugt wird, soll dieses mit überwachter Abschaltung und möglichst effizienter Technologie erfolgen.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
32. mehrstufige Vakuum-Ejektoren und solche mit Druckregelung einsetzen	Fachperson Unterhalt	★★	bis 100 CHF	
	Technischer Leiter		100 - 500 CHF	
	Maschinenhersteller			
33. Mehrstufige Vakuum-Ejektoren	Fachperson Unterhalt	★★	bis 100 CHF	
	Technischer Leiter		100 - 500 CHF	
	Maschinenhersteller			
Alternativen zur Druckluft				
34. Vakuum mit elektrischer Pumpe erzeugen	Fachperson Unterhalt	★★★	100 - 500 CHF	
	Technischer Leiter			
	Maschinenhersteller			
35. Sauger mit Gebläse	Fachperson Unterhalt	★★★	100 - 500 CHF	
	Technischer Leiter			
	Maschinenhersteller			

3.7 Bohren und schrauben mit Druckluft

Handmaschinen verbrauchen selten mehr als 5'000 m3 Druckluft pro Jahr.

Der Verschleiss von Druckluft-Bohrern und -Schraubern ist geringer, als der einer Elektromaschine.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
36. Bei Anwendungen, die mehr als 5'000 m3 pro Jahr Luft brauchen, sind elektrische Maschinen effizienter.	Technischer Leiter Geschäftsführerin	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

3.8 Antriebsaufgaben mit Druckluft

Der dauernde Luftverbrauch verursacht bei Antriebsaufgaben (Motoren, Zylinder), die mit Druckluft betrieben werden, hohe Energie- resp. Betriebskosten.

Für Antriebsaufgaben sind elektrische Antriebe am energieeffizientesten. Es gilt die Faustformel für den Energieverbrauch:

- > Elektroantrieb 1x
- > Hydraulikantrieb 2x
- > Druckluftantriebe 10x

Druckluft ist eine vorteilhafte Lösung bei Anwendungen, die den aufgebauten Druck über einen längeren Zeitraum nutzen und solchen, bei denen eine hohe Druckelastizität gefordert wird (bei einer Einwirkung geht die Anwendung wieder in die Ursprungsform zurück).

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
37. Einfach statt doppelt wirkenden Antrieb einsetzen (Zylinder-Rückhub mit Feder)	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
38. Zylinder-Rückhub mit geringerem Druck	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

3.9 Druckluft in Trocknungsprozessen

Trockenprozesse mit Druckluft trifft man bei Carrossiers (Farbtrocknen), in der Drucktechnik (kaltregenerierende Adsorptions-Trockner) oder auch beim Zahnarzt.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
39. Trocknen mit einem Gebläse	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	> 1'000 CHF	Investition
40. Statt mit Druckluft mit Stickstoff trocknen	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

3.10 Druckluft für Filterabreinigung (Aspiration)

Filter verstopfen über die Zeit und müssen darum regelmässig von Fremdpartikelt befreit werden. Eine Möglichkeit, die Fliter zu reinigen ist, sie mit Druckluft auszublasen. Alternativen sind Vibration oder Spülluft. Werden die Filter nicht regelmässig gereinigt, besteht die Gefahr des Zubackens der Filter und somit ein Unterbruch des betroffenen Produktionsprozesses.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
41. Abreinigungsauslösung über Differenzdruck	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	< 100 CHF	
42. Abreinigungsauslösung nach Abschalten	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	< 100 CHF	Zeit einstellen
43. Reduktion der Blaszeit auf 0.7 Sekunden führt zu einer Reduktion der Anzahl Wiederholungen und ist auch schonend für die Filter. Einstellungen kosten praktisch nichts.	Technischer Leiter Maschinenhersteller	★★★★	< 100 CHF	Zeit einstellen

3.11 Druckluft als Sperr- oder Spül-Luft (z.B. in Werkzeugmaschinen)

Die Sperr- oder Spül-Luft in Werkzeugmaschinen erzeugt einen Überdruck im Innern der Maschine. Dadurch soll diese von eindringendem Schmutz geschützt werden. Zudem wird die Druckluft bei der manuellen Reinigung der Maschinen genutzt.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
44. Falls die Druckluft in Bearbeitungspausen weiter strömt, eine Abschaltung überprüfen	Technischer Leiter Druckluftexperte Maschinenhersteller	★★★★	100 – 500 CHF	
45. Wer mehr als 20 (Werkzeug-)Maschinen mit Sperrluft im Einsatz hat soll prüfen, ob sich die Installation eines eigenen 2-bar-Netzes oder eines Gebläses auszahlt.	Technischer Leiter Druckluftexperte Maschinenhersteller	★★★★	> 1'000 CHF	Investition

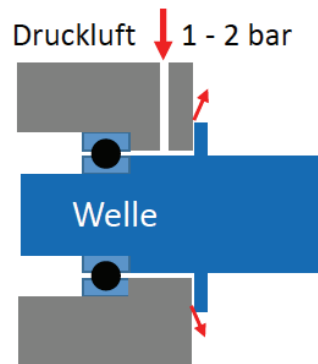


Bild Sperrluft: (Quelle Rolf Gloor, Sufers)

3.12 Druckluft zur Reinigung

Druckluft wird in verschiedenen Prozessen zum Reinigen eingesetzt (z.B. Sensorreinigung)

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
46. Die Düsen näher an das Objekt führen und so zielgerichteter und mit weniger Luft den Prozess/das Element/Werkstück/die Optik reinigen (z.B. Sensorreinigungen).	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★★★(★)	500 –1'000 CHF	
47. Düsenform genau auf den Prozess ausrichten (z.B. Flachdüsen, Strahldüsen)	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★★★(★)	500 –1'000 CHF	
48. Den Einsatz von Injektor-Düsen prüfen	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★★★(★)	500 –1'000 CHF	
49. Den Einsatz eines Gebläses prüfen.	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★★★(★)	> 1'000 CHF	Investition

3.13 Druckluft zum Sand- oder Kugelstrahlen

Sand- und Kugelstrahlen sind bewährte Methoden der Oberflächenbehandlungen mit Druckluft.

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
50. Bei häufiger Nutzung sind Schleuderradanlagen bis zu 50 % energieeffizienter als mit Druckluft betriebene Anlagen.	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★★(★)	> 1'000 CHF	Investition
51. Zuführung des Sandes von oben, dann muss er nicht von unten gehoben werden	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★	> 1'000 CHF	Investition
52. Die mögliche Erhöhung des Drucks an der Sandstrahlanlage durch die Mitarbeitenden begrenzen	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★(★)	100 - 500 CHF	
53. Abgenutzte Düsen regelmässig ersetzen	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★(★)	> 100 CHF	
54. Anderes Streugut einsetzen	Fachperson Unterhalt Maschinenhersteller Lieferanten/Hersteller	★★★	100 - 500 CHF	

3.14 Druckluftbetriebene Membranpumpen und Mammutpumpen

Die Membranpumpen zählen zu der Pumpengruppe der Verdrängerpumpen. Sie werden mittels eines Druckluftmotors angetrieben. Durch diesen werden zwei Membrane, die durch eine Pumpenwelle miteinander verbunden sind, hin und her bewegt, indem die eingeführte Druckluft abwechselnd in die Luftkammern hinter den Membranen geführt wird. Der Umschaltvorgang erfolgt automatisch durch ein Steuerventil das umschaltet sobald eine Membrane die Endposition erreicht hat.

Während die Membrane auf der einen Seite der Pumpenwelle durch die eingeführte Druckluft das Medium verdrängt erzeugt die Membrane auf der anderen Seite gleichzeitig einen Unterdruck. Dadurch strömt neues Fördermedium in die Pumpenkammer und wird im nächsten Pumpzyklus ebenfalls verdrängt. Durch die Kugelventile (bestehend aus: Kugeln, Kugelsitzen und O-Ringen in unterschiedlichen Materialien) wird die Pumpenkammer, in der sich das Medium befindet, abwechselnd geschlossen und geöffnet.

Druckluft Membranpumpen sind für eine Vielzahl von schwierigen Anwendungen insbesondere in feuchten oder explosionsgefährdeten Bereichen geeignet. (Quelle: www.jesspumpen.de)

Massnahme	Akteur	Einsparung	Kosten	Bemerkung
55. Elektrische Pumpen haben einen deutlich besseren Wirkungsgrad als pneumatische Pumpen. Bei einem Ersatz darum eine elektrische Lösung prüfen.				

Zürich, 24. November 2016, rev. 28. Februar 2017