

Ratgeber Druckluft für den Praxiseinsatz

Ein Handbuch für die Instandhaltung



Ratgeber Druckluft für den Praxiseinsatz

Ein Handbuch für die Instandhaltung

Impressum

Herausgeber: *LandesEnergieVerein* Steiermark
Burggasse 9/II
8010 Graz
Fon: 0316/877-3389
Fax: 0316/877-3391
Email: office@lev.at



Erstellt durch: *sattler energie consulting GmbH*
Für den Inhalt verantwortlich: *Gerhard Ulz, LandesEnergieVerein Steiermark*

April 2006

1	Druckluftverwendung und Energie	4
1.1	Allgemein	5
1.2	Druckluftsystem.....	5
1.3	Fazit Druckluftverwendung.....	5
2	Druckluftwerkzeuge	6
3	Anschluss von Endverbrauchern	7
3.1	Kupplungen	7
3.2	Schläuche	7
3.3	Rohrschellen bei Schläuchen.....	7
3.4	Öler	8
3.5	Fazit Endverbraucher	8
4	Rohrleitungen	9
4.1	Anschlussleitung	10
4.2	Versorgungsleitung	10
4.3	Hauptleitung	10
4.4	Fazit Rohrleitungen	10
4.5	Verbindungen mit Teflonband	10
5	Druckluftspeicher	11
6	Druckluftaufbereitung	12
6.1	Zweck.....	12
6.2	Trocknung	12
6.3	Öl.....	13
6.4	Partikel	13
6.5	Fazit Aufbereitung	13
7	Erzeugung	14
7.1	Kolbenkompressor	15
7.2	Schraubenkompressor	15
7.3	Turbokompressoren	16
7.4	Kompressorregelungen	16
7.5	Qualität der Ansaugluft (Staub), Aufstellungsort (Temperatur)	17
7.6	Fazit Erzeugung	17
8	Zentrale/Dezentrale Druckluftversorgung	18
9	Energieeinsparungsmöglichkeiten	19

9.1	Anwendungen hinterfragen, Endgeräte.....	19
9.2	Leckagen.....	19
9.3	Betriebszeiten	21
9.4	Druckabsenkung	21
9.5	Größe der Kompressoren.....	21
9.6	Regelung der Kompressoren	22
9.7	Aufbereitungsanlagen	22
9.8	Wärmerückgewinnung.....	23
9.9	Fazit Energieeinsparung	24
10	Weitere Informationsquellen zum Thema Druckluft	24
11	Beispiel 1	26
11.1	Ausgangssituation	26
11.2	Optimierungsmöglichkeiten/Lösungsvorschlag	26
11.3	Kosten/Auswirkungen.....	26
12	Beispiel 2	27
12.1	Ausgangssituation	27
12.2	Optimierungsmöglichkeiten/Lösungsvorschlag	27
12.3	Kosten/Auswirkungen.....	28
13	Beispiel 3	29
13.1	Ausgangssituation	29
13.2	Lösungsvorschlag	29
13.3	Kosten/Auswirkungen.....	29

In Fortführung der bewährten Reihe der Branchenkonzepte (Energieeffizienz für heimische Betriebe), die der *LandesEnergieVerein* Steiermark in Zusammenarbeit mit dem Oberösterreichischen Energiesparverband herausgibt: Hier nun, mit neuer äußerer Gestaltung, eine Unterlage die sich eher auf eine Querschnittmaterie bezieht. Aus vielen Gründen, nicht zuletzt des Explosionsschutzes, muss eine teure Variante der Energiebereitstellung gewählt werden. Gerade hier kommt daher der genauen Beachtung des optimalen Zustandes der Anlage große Bedeutung zu. Das vom Land Steiermark gemeinsam mit dem Lebensministerium getragene Programm: **klima:aktiv** „energieeffiziente betriebe“ wird einen seiner Schwerpunkte in der Verbesserung der Drucklufttechnik haben.



Als für die Energie zuständiger Landesrat im Amt der steiermärkischen Landesregierung wünsche ich dieser Broschüre vielfältige Verwendung und - da die Einsparung von Energie auch finanzielle Verbesserungen zur Folge hat - guten Gewinn!

Ihr
Ing. Manfred Wegscheider
Landesrat für Sport, Umwelt und erneuerbare Energie

Sie stehen an einer Tankstelle. Irgendetwas zischt und pfeift neben Ihnen. Es sind die schlechten Anschlüsse der Reifenfüllflaschen ...

Dies und Ähnliches, soll nach Einarbeitung der Anregungen aus dieser Broschüre der Vergangenheit angehören.

Gerhard Ulz
Geschäftsführer
des *LandesEnergieVereins* Steiermark



1 Druckluftverwendung und Energie

1.1 Allgemein

Druckluft als Energieträger ist einfach, unkompliziert und im Vergleich zur Elektrizität ungleich gefahrloser in der Anwendung. Zu dem ist sie oftmals, beispielsweise in explosionsgeschützten Bereichen, eine höchst vernünftige Lösung. Der Nachteil liegt in den hohen Erzeugungskosten; 1kWh Druckluftenergie kostet in der Erzeugung 5 bis 20mal so viel wie 1kWh Strom, der weitaus größte Teil wird in Wärme mit relativ geringer Temperatur umgesetzt.

Diese kann bei entsprechender Größe der Anlage (ab ca. 10kW elektrisch) und entsprechendem Wärmebedarf größtenteils zurückgewonnen werden. Trotz dieser erfreulichen Tatsache, muss darauf hingewiesen werden, dass aus 10kWh Strom dann im Mittel 9kWh Wärme entstehen, eine Energieform die eigentlich anders viel einfacher und günstiger bereitzustellen wäre.

1.2 Druckluftsystem

Wir wollen die Betrachtung auf das ganze System erweitern, weil neben der Erzeugung vor allem Verteilung und Endgeräte wesentlich für Effizienz und Qualität der Anwendung verantwortlich sind. So bedingen Druckverluste und Leckagen, dass der Systemwirkungsgrad bei Druckluft von (10% siehe 1.1) auf 5% und darunter sinkt.

1.3 Fazit Druckluftverwendung

Druckluft hat ihre unangefochtenen Stärken, dennoch ist ihr Einsatz genau zu überlegen. Aus Sicht der Energieeffizienz ist elektrisch betriebenen Bohrmaschinen, Winkelschleifern und dgl. druckluftbetriebenen Geräten gegenüber der Vorrang zu geben. Die Reinigung mittels Druckluft durch Abblasen ist ohnehin fragwürdig. Oftmals würde ein einfacher kleiner Besen die gleichen oder besseren Dienste leisten, zumal er beispielsweise den Staub viel weniger aufwirbelt. Genauere Informationen zum Thema Einsparung sind in Kapitel 8 zu finden.

2 Druckluftwerkzeuge

Ist es dennoch sinnvoll oder überhaupt unumgänglich Druckluftwerkzeuge einzusetzen so sollte auf entsprechende Herstellerangaben bezüglich Druckluftverbrauch und Betriebsdruck vor dem Kauf geachtet werden. Vorhandene Versorgungssysteme könnten ansonsten zu wenig Luft liefern. Wird ein Ausbau des Druckluftsystems erwogen ist es ebenfalls hilfreich über die Druckluftverbraucher ausreichend Daten zur Verfügung zu haben. Dabei sind Herstellerangaben oft mit Vorsicht zu genießen, weil oft große Reserven geplant sind, es werden dann oft viel zu große Druckluftstationen installiert.

Wird mit Druckluft lackiert, so sind so genannte Airlessysteme konventionellen Lackierpistolen auf Grund ihres Luft- und Lackbedarfs vorzuziehen, bei Airlessystemen wird der Lack unter hohem Druck durch den Versorgungsschlauch zur Spritzpistole geleitet und dort ohne Druckluft zerstäubt. Es verringert sich durch diesen Aufbau das Gewicht des Handgerätes und die Lackkonzentration in der Umgebungsluft.



verschiedene Druckluftwerkzeuge

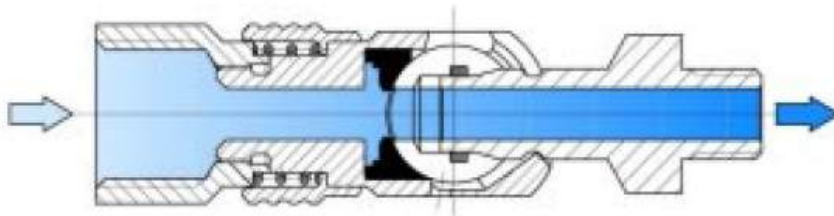


Airlessystem

3 Anschluss von Endverbrauchern

3.1 Kupplungen

Die meisten Druckluftverbraucher sind für einen Betriebsdruck von 6bar ausgelegt. Obwohl die Druckanzeige im Stillstand (sog. statischer Druck) diesen Druck anzeigt, kann es sein, dass im Betrieb dieser Druck bei weitem nicht erreicht wird, da beispielsweise Kupplungen der nachströmenden Luft einen großen Widerstand leisten. Die meisten Kupplungen mit Kugel verursachen Druckverluste von 0,6 bis 1,3bar und reduzieren somit die Leistung des verwendeten Endgeräts um 30% oder mehr. Hier sind moderne verlustarme Schnellkupplungen die beste Wahl.



moderne Schnellkupplung

3.2 Schläuche

Oftmals verursachen Schläuche mit zu kleinem Querschnitt große Energieverluste in den letzten Metern der Versorgung, besonders Spiralkabel gelten als ungünstig, außerdem sind diese empfindlich gegen mechanische Belastungen wie z.B. knicken. Ein Umstieg auf gewöhnliche Druckluftschläuche mit größerem Querschnitt sowie die oben angeführten Schnellkupplungen ist zu empfehlen.

3.3 Rohrschellen bei Schläuchen

Werden Schläuche mit Rohrschellen befestigt, so sind diese regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls nachzuziehen, da diese Verbindungen häufig undicht sind.

3.4 Öler

Nur wenige Geräte benötigen Öl in der Druckluft, oftmals genügt es, die Geräte händisch, in Intervallen zu ölen. Sollte die Druckluftölung trotz alledem unerlässlich sein, soll der Öler so knapp wie möglich vor dem Endverbraucher liegen, d.h. am Ende der Rohrleitung, dadurch werden andere Verbraucher von diesem Druckverlust verschont.



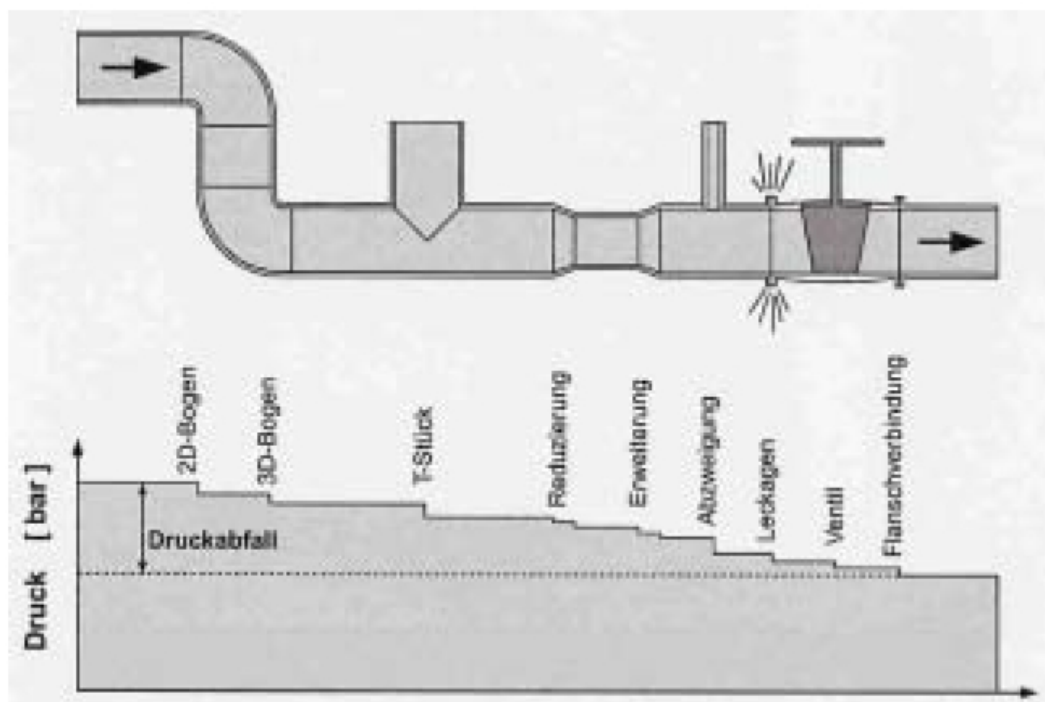
Druckluftenergiefresser

3.5 Fazit Endverbraucher

Druckluftbetriebene Handgeräte sollten genau unter die Lupe genommen werden, in ihnen schlummern oft gewaltige Leistungsreserven, da sie oftmals mit zu wenig Druck versorgt werden. Zu viel Druck im System dagegen wirkt sich neben dem erhöhten Energieverbrauch auch negativ auf die Lebensdauer der Abnehmer aus und verursacht somit auch erhöhte Wartungskosten (auf die Energiekosten wird weiter unten noch genauer eingegangen). Generell sollten Druckluftwerkzeuge nur dort eingesetzt werden wo es keine sinnvollen Alternativen gibt, elektrische Geräte benötigen im Vergleich zu einem Druckluftgerät bei gleicher Leistung nur einen Bruchteil der eingesetzten Energie.

4 Rohrleitungen

Das Rohrleitungssystem kann unterteilt werden in die Hauptleitung, die Versorgungsleitung (Idealerweise als Ringleitung) sowie die Anschlussleitung. Generell kann gesagt werden, dass alle Rohrleitungen einen Druckverlust verursachen der hauptsächlich vom Volumenstrom, dem Querschnitt und der Länge der Leitung abhängt. Die Rauigkeit des Materials hat eine geringere Bedeutung. Die Qualität der Druckluft ist neben der Reinigung nach dem Verdichten vor allem von den verwendeten Rohrleitungen abhängig. Wünschenswert sind hier korrosions- und oxydationsfeste Rohrleitungen die speziell für Druckluftsystem entwickelt worden sind, damit die teuer gereinigte Luft nicht durch mangelhafte Leitungen wieder verschmutzt wird. Neben den Rohrleitungen sind auch die Verbindungsstücke wie Muffen, Abzweigungen und Knie in der selben Qualität auszuführen.



4.1 Anschlussleitung

Die Anbindung der Anschlussleitung an der Verteilung sollte senkrecht aus der Verteilung geführt werden, um zu vermeiden dass Kondensat mit der Luft austritt. Der Druckverlust der Anschlussleitung sollte kleiner als 0,04bar sein.

4.2 Versorgungsleitung

Die Versorgungsleitung kann als Stich- oder idealer Weise als Ringleitung ausgeführt sein, die Ringleitung gewährleistet neben einem hohen Querschnitt eine hohe Versorgungssicherheit. In diesem Fall ist ein Druckverlust von 0,03bar tolerierbar. Mit Hilfe von Absperrorganen kann im Fehlerfall ein Teil der Leitung gesperrt werden, die Luftversorgung erfolgt dann zwar nur einseitig, aber immer noch besser als gar nicht.

Beispielsweise konnte einfach durch die Verlegung eines Druckluftschlauches parallel zur vorhandenen Druckluftleitung der Druckverlust auf ein brauchbares Niveau reduziert werden. Durch den Zusammenschluss der beiden Luftwege entstand so eine einfache Ringleitung. Durch diese kurzfristige Maßnahme konnte sowohl die Druckluftversorgung optimiert, als auch der Nachweis dass eine Ringleitung Abhilfe schafft erbracht werden. Mittelfristig wird daher eine „richtige“ Ringleitung installiert.

4.3 Hauptleitung

Die Hauptleitung speist die Druckluft vom Kompressor kommend in die Versorgungsleitung ein. Ein Druckverlust von 0,03bar ist auch hier tolerierbar.

4.4 Fazit Rohrleitungen

Um den Druckverlust in den Leitungen möglichst gering zu halten sollte ein ausreichender Querschnitt sowie das richtige Material verwendet werden. Um eventuell geplante Erweiterungen abfangen zu können ist es sinnvoll im Fall des Falles größere Querschnitte zu verlegen um sich später teure Neuverlegungen zu ersparen. Auch bei Muffen, Knien und Abzweigungen ist auf die entsprechende Qualität und den verursachten Druckverlust zu achten.

4.5 Verbindungen mit Teflonband

Hanf ist für Wasserleitungen geeignet, nicht jedoch für Druckluftleitungen, da er austrocknet und dann große Undichtigkeiten entstehen. Verbindungen sollten daher immer mit einem dafür vorgesehenen Teflonband durchgeführt werden.

5 Druckluftspeicher

Ein oder mehrere Druckluftbehälter sollten in keiner Anlage fehlen. Sie puffern die Druckluftversorgung und können kurzzeitige Verbrauchsspitzen abdecken. Unterschieden wird in direkt in Erzeugernähe (neben Kompressor) aufgestellte und in Abnehmernähe aufgestellte Tanks. Erstere zielen vor allem auf die Vergleichmäßigung der Systemdrucks und die Verringerung der Schalthäufigkeiten des Kompressors ab. Gibt es Verbraucher mit kurzzeitig hohem Luftbedarf so empfiehlt es sich in unmittelbarer Nähe einen Druckluftspeicher zu installieren, um größere Rückwirkungen auf das restliche System zu verhindern.

Ist die Druckluft nicht ausreichend getrocknet, kondensiert ein Teil des Wasser durch die Abkühlung im Behälter und dieser muss von Zeit zu Zeit entleert werden. Von Aufstellungsorten deren Temperaturen im Winter unter dem Gefrierpunkt sind, ist daher eher abzuraten.

Eine entsprechende Größe des Speichers kann durch dessen Pufferwirkung die Investition in einen leistungsfähigeren und damit teureren Kompressor vielleicht verhindern.



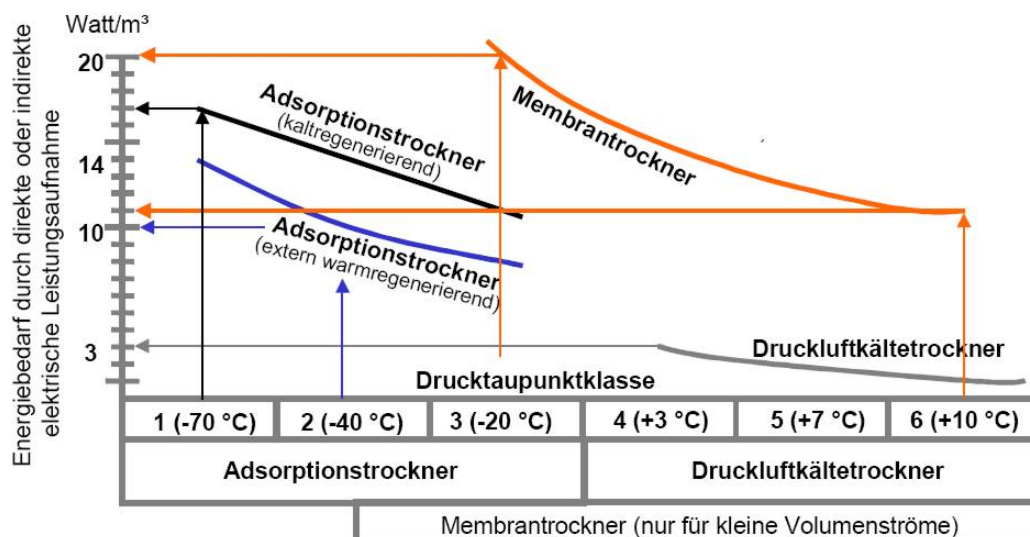
6 Druckluftaufbereitung

6.1 Zweck

Um die Qualitätsanforderungen die an die Druckluft gestellt werden erreichen zu können ist es meistens nötig diese nach der Kompression entsprechend aufzubereiten.

6.2 Trocknung

Als Vorstufe dient in fast allen Anwendungsfällen ein so genannter Zyklonabscheider, sein einfacher mechanischer Aufbau scheidet zuverlässig Wassertropfen nach dem Nachkühler aus und beseitigt so bis zu 70% der Luftfeuchtigkeit.



Alle Reinigungsverfahren verursachen einen gewissen zusätzlichen Energiebedarf (ca. 3-8% der Gesamtenergie), genauere Werte können aus obigem Diagramm abgelesen werden. In den meisten Anwendungsfällen kann auf Grund der ansonsten stattfindenden Korrosion bzw. den Anforderungen an die Druckluftqualität nicht auf eine Trocknung verzichtet werden, maßgeblich für den tatsächlichen Energiebedarf ist neben dem Verfahren der Drucktaupunkt.

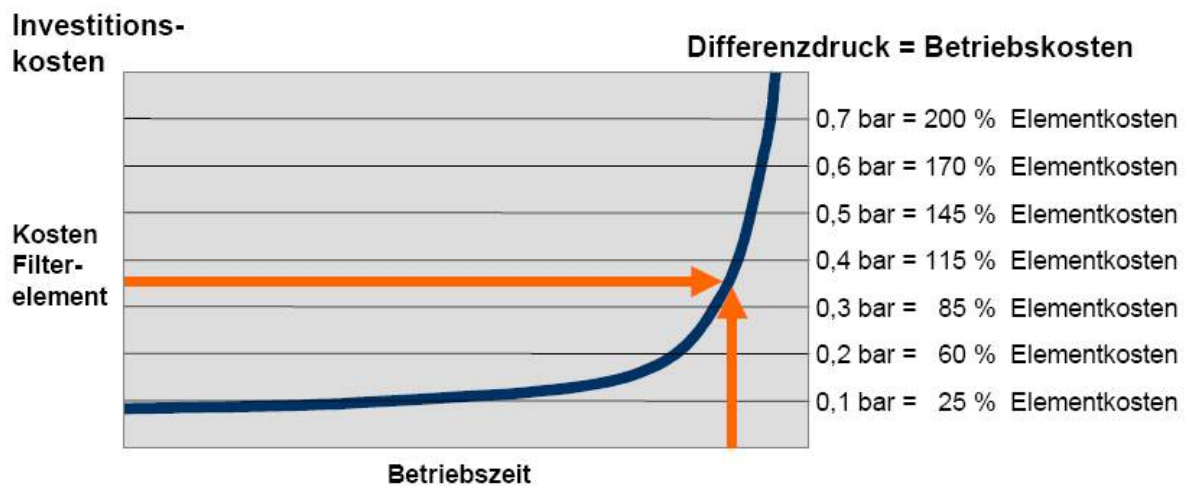
Das mit ausgeschiedene Öl verunreinigt das Kondenswasser, diese Emulsion muss noch getrennt werden, das Öl (=Altöl) darf unter keinen Umständen - auch nicht mit dem Kondenswasser vermengt - in die Kanalisation gelangen.

6.3 Öl

Mit Ölabscheidern sind hohe Reinheitsgrade erreichbar, der Einsatz derartiger Abscheideverfahren ist im Bedarfsfall dennoch genau zu überlegen, oftmals ist die Verwendung eines ölfreien Kompressors die bessere Lösung, zumal dadurch zusätzliche Druckverluste und damit Energie eingespart werden kann.

6.4 Partikel

Ansaugfilter des Kompressors haben meist eine Maschenweite von etwa 1mm, das heißt das kleinere Partikel und Mikroorganismen durch den Kompressor gelangen. Mit entsprechender Filterung sind verschiedene Luftqualitäten erreichbar. Ist es nötig sterile Druckluft zu erzeugen wird als letztes Element ein Sterilfilter eingebaut, dieser verhindert den Durchtritt von Mikroorganismen. Derartige Filterelemente müssen regelmäßig ausgetauscht werden, geschieht dies zu spät entstehen exorbitante Kosten in Folge des Druckverlusts.

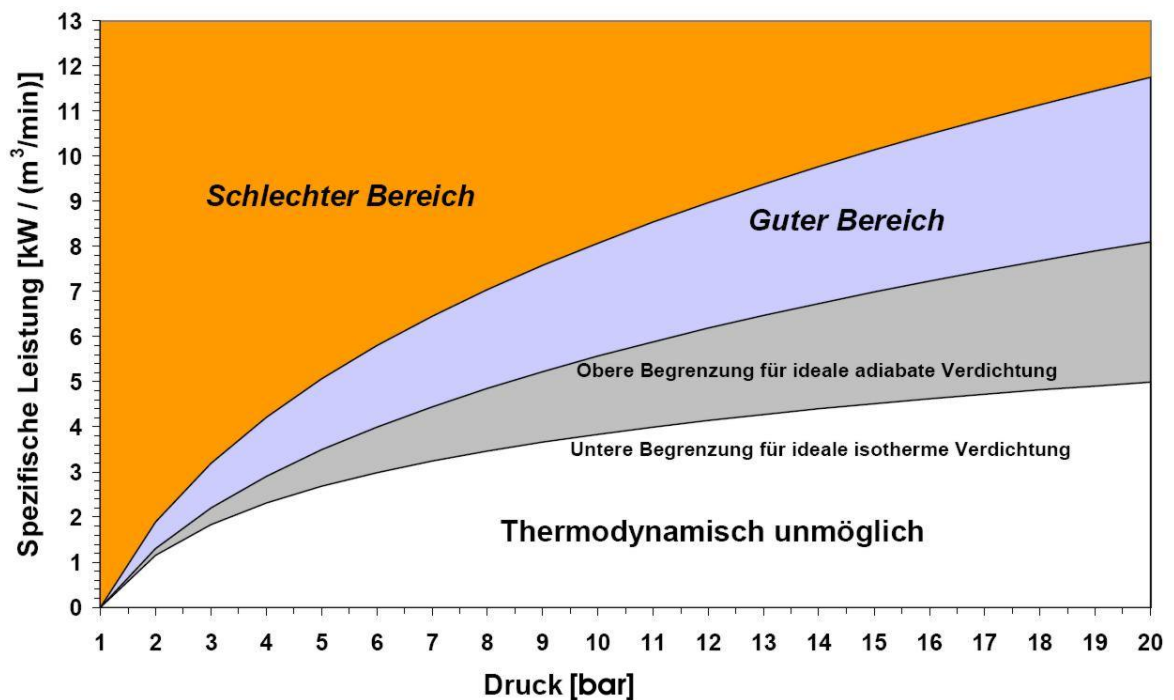


6.5 Fazit Aufbereitung

In den allermeisten Fällen ist eine gewisse Druckluftaufbereitung unerlässlich. Generell sollte jedoch nur so weit aufbereitet werden wie es für die Anwendung nötig ist. Darüber hinausgehende Anstrengungen kosten unnötig Geld in der Anschaffung, der Wartung und nicht zuletzt treten zusätzlich Energiekosten auf.

7 Erzeugung

Die Drucklufterzeugung ist wie bereits anfangs erwähnt mit großen thermischen Verlusten behaftet, um so mehr ist es wichtig Kompressoren zu verwenden die einen möglichst hohen Wirkungsgrad haben. Ganz allgemein kann gesagt werden das die Luft umso effektiver komprimiert werden kann, je weniger sie sich während des Kompressionsvorgangs erwärmt. Eine aussagekräftige Kennzahl ist der spezifische Leistungsbedarf ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})$).

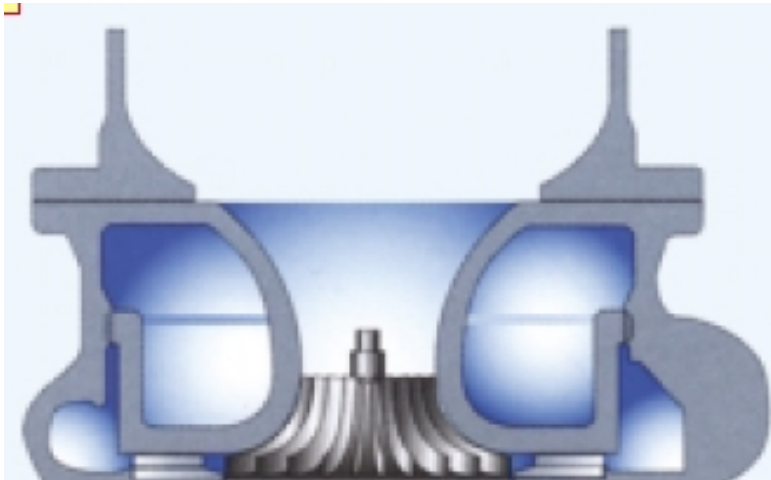


Deshalb haben mehrstufige Kompressoren in denen die Luft vor eintreten in die nächste Kompressionsstufe gekühlt wird einen besseren Wirkungsgrad als einstufige Kompressoren.

Zur Drucklufterzeugung werden hauptsächlich drei verschiedene Typen von Kompressoren eingesetzt. Die richtige Kompressorgröße ist ebenfalls entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Eine möglichst große Auslastung des Kompressors sollte angestrebt werden, unnötiges Laufen ist jedoch zu verhindern.

7.3 Turbokompressoren

Sie lassen sich nur sehr eingeschränkt und nur mit relativ großen Wirkungsgradverlusten regeln, durch die Ansaugdrosselregelung. Mit Ihnen werden große Liefermengen bei relativ kleinem Bauvolumen und gutem Wirkungsgrad erzielt. Ihr Einsatz ist eher schon der Ausnahmefall.



7.4 Kompressorregelungen

Grundsätzlich werden die beiden Arten diskontinuierlich, d.h. ein/aus bzw. Vollast/Leerlauf und die kontinuierliche Druckluftherzeugung über Drehzahl bzw. eine Ansaugdrosselregelung unterschieden. Die diskontinuierliche Regelung bietet den Vorteil der einfachen Steuerung und findet daher in bestehenden Anlagen aber auch in kleineren Neuanlagen Verwendung. Die Grenzen der Schalthäufigkeit sind durch die Motoren gegeben die nur eine bestimmte Anzahl von Schaltspielen pro Stunde erlauben. Außerdem ergibt sich durch diese Schaltart ein ständig schwankender Druck im System, überhöhter Druck kostet aber, siehe Punkt 8.1.

Bei der kontinuierlichen Druckluftherzeugung wird der erzeugte Volumenstrom ständig dem momentanen Bedarf angepasst wodurch sich ein konstanter Systemdruck und somit geringere Energiekosten ergeben. Üblicherweise erfolgt die kontinuierliche Druckluftherzeugung mittels drehzahl geregelter Schraubenkompressoren.

7.5 Qualität der Ansaugluft (Staub), Aufstellungsort (Temperatur)

Ist die angesaugte Luft stark staubbelastet so verschmutzen die Ansaugfilter entsprechend schnell, dies reduziert den Förderstrom und damit auch den Wirkungsgrad einer Druckluftanlage. Es sollte daher eine möglichst reine Umgebungsluft angesaugt werden.

Für den Fall das Kompressoren mit Außenluft gekühlt werden ist es günstig kurze Leitungen für die Belüftung zu haben. Wird die Fortluft der Kühlung ebenfalls nach außen geführt gilt auch hier: Kurze Leitungen verbessern die Strömung und machen zusätzliche Kühlluftventilatoren möglicherweise überflüssig.

Die Ansaugtemperatur der zu komprimierenden Luft sollte in einem passenden Temperaturfenster liegen. Ist die Luft zu kalt können Vereisungen im System auftreten, ist sie zu warm wird die Liefermenge deutlich reduziert. Ansaugtemperaturen über 60°C sind unzulässig, manchmal ist eine Kühlung der Ansaugluft erforderlich.

7.6 Fazit Erzeugung

Die benötigte Liefermenge und die Liefercharakteristik ist ausschlaggebend für die Wahl des Kompressoraggregates. Neben Kolbenkompressoren für Privatanwendungen und kleinere Gewerbebetriebe sind meist Schraubenkompressoren im Einsatz. Diese beiden Typen eignen sich auch für eine kontinuierliche Regelung der Liefermenge über die Drehzahl dadurch ergeben sich verhältnismäßig gute Wirkungsgrade im Teillastbereich. Auf Grund ihres Energiebedarfs für die Leistungselektronik haben drehzahlgeregelte jedoch „normalen“ Kompressoren gegenüber in der Nähe ihrer maximalen Leistung einen etwas niedrigeren Wirkungsgrad.

8 Zentrale/Dezentrale Druckluftversorgung

Die zentrale Druckluftherzeugung bietet den Vorteil, dass durch übergeordnete Regelungen und entsprechend große Aggregate die Wirkungsgrade vergleichsweise hoch gehalten werden können. Werden jedoch verschiedene Druckniveaus benötigt muss die Erzeugung auf das höhere Niveau eingestellt werden. Werden nicht für jede Druckluftqualität eigene Versorgungsleitungen zu den jeweiligen Verbrauchsstellen verlegt so ist die gesamte Druckluft auf die höchste geforderte Qualität zu bringen (Wassergehalt, Staubbelastung) . Diese Nachteile ergeben sich nicht bei der dezentralen Druckluftherzeugung, welche zusätzlich teure Druckluftleitungen überflüssig macht und damit auch das Risiko für Leckagen senkt. Nachteilig bei der dezentralen Druckluftversorgung ist unter anderem die weniger gleichmäßige Luftabnahme was zu einer insgesamt niedrigeren Auslastung des Gesamtsystems und damit zu höheren Investitionskosten sowie höheren Leerlaufverlusten für die Verdichter führt. Ob die dezentrale oder zentrale Erzeugung gewählt werden soll, ist im Einzelfall daher genau zu analysieren.

9 Energieeinsparungsmöglichkeiten

9.1 Anwendungen hinterfragen, Endgeräte

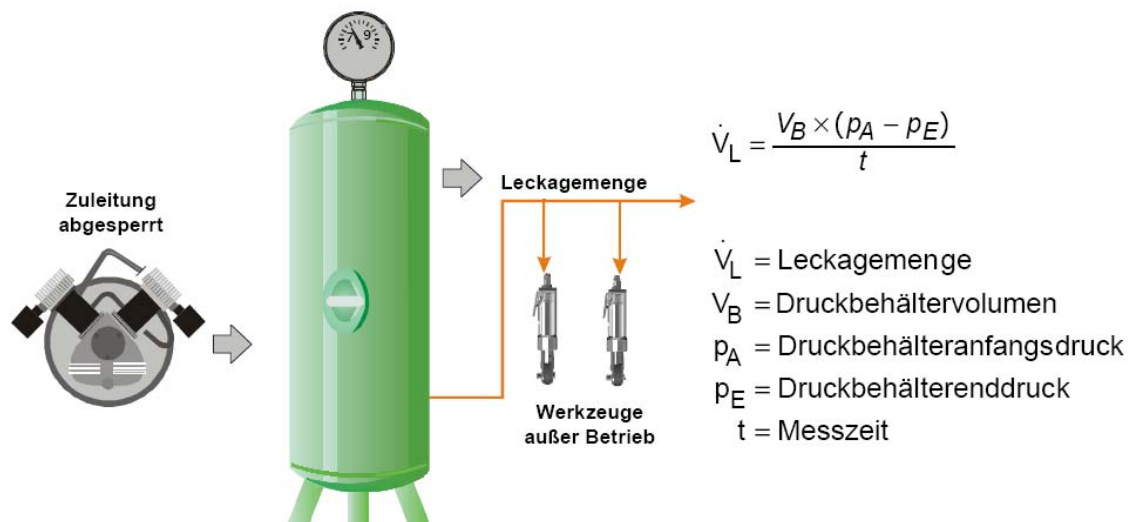
Wie bereits in Kapitel 3.4 angemerkt ist der Einsatz von Druckluftgeräten auf jeden Fall genau zu überprüfen. Gibt es Alternativen mit elektrischem oder hydraulischem Antrieb so sollten diese Geräte eingesetzt werden. Die Reinigung mit Druckluft durch Abblasen ist in vielen Fällen nicht nur zwecklos (auf Grund der Staubaufwirbelung) sondern auch sehr energieintensiv.

9.2 Leckagen

Der Verbrauchsanteil der Leckagen in Druckluftsystemen wird durchschnittlich mit 20 – 30% geschätzt, oft sieht man bis zu 50%; das zu erreichende Ziel liegt bei 5-10%. Daraus ergeben sich enorme Einsparungspotentiale. Nachfolgende Tabelle zeigt die Verluste durch Leckagen (Annahme rundes Loch, 1kWh Strom kostet 9cent, 8000 Betriebsstunden/Jahr).

Lochdurchmesser [mm]	Luftverbrauch		Leistungsbedarf [kW]		Energiekosten/Jahr [€]	
	6bar	12bar	6bar	12bar	6bar	12bar
1	1,2	1,8	0,3	1	216	720
3	11,1	20,8	3,1	12,7	2.332	9.144
4	30,9	58,5	8,3	33,7	5.976	24.254
10	123,8	235,2	33,0	132,0	23.760	92.220

Die Leckagemenge kann mit folgender Methode relative einfach berechnet werden, dazu ist es jedoch erforderlich, dass keine Verbraucher eingeschaltet sind. Der Kompressor wird ausgeschaltet und über das Manometer am Druckluftbehälter wird der Anfangsdruck gemessen und aufgeschrieben. Gleichzeitig wird die Stoppuhr gestartet. Nach dem der Druck um etwa 0,5 – 1bar gesunken ist, wird der aktuelle Messwert des Drucks erneut aufgeschrieben und die Stoppuhr gestoppt. Die folgende Abbildung erläutert die Schritte nochmals, die Formel zur Berechnung der Leckagemenge ist ebenfalls angegeben.



Vor allem Übergänge, Kugelhähne, Verbindungen und dergleichen, also die letzten Meter bis zum Verbraucher sind besonders anfällig für Luftaustritte. Sorgfältiges anschließen macht sich hier unglaublich schnell bezahlt. Auch defekte Schläuche zu Endverbrauchern gehören sofort ausgetauscht. Hauptsächlich betroffen von den Leckagen sind die Rohrleitungen und deren Elemente, doch auch andere Komponenten wie Werkzeuge können undicht werden und laufend Luft verbrauchen, diese gehören umgehend repariert oder ausgetauscht.

Eine andere Methode zur Bestimmung der Leckagemenge wäre die Bestimmung der Kompressorlaufzeiten außerhalb der Betriebszeiten (z.B. am Wochenende). Die geförderte Luft bzw. die so verbrauchte elektrische Energie entspricht direkt den Verlusten durch Leckagen.

Durch eine Begehung des Gebäudes außerhalb der Betriebszeiten (z.B. am Wochenende) bei aktiviertem Druckluftnetz können auch viele Leckagen durch deren Geräusentwicklung (pfeifen) lokalisiert werden. Die beiden Wochenendtätigkeiten werden idealer Weise gemeinsam durchgeführt.

9.3 Betriebszeiten

Wird keine Druckluft benötigt, sollten die Kompressoren und Trockner unbedingt ausgeschaltet werden! (Wochenende, Nacht, Feiertage, etc.) Ansonsten laufen die Kompressoren auf Grund der Leckagen auch wenn keine Druckluft eingesetzt wird. Es sollten hier auch die unterschiedlichen Betriebszeiten einzelner Werksbereiche berücksichtigt werden.

9.4 Druckabsenkung

Eine Druckreduzierung um 1bar bringt eine Energieersparnis von rund 6 - 8%. Damit der benötigte Systemdruck am Ende trotzdem noch erreicht werden kann ist es daher, wie in Kapitel 4 bereits erläutert, sehr sinnvoll Leitungen mit geringen Druckverlusten zu installieren. Der Druck am Kompressor sollte dann gerade so eingestellt werden, dass die benötigten Verbraucher genau noch den Druck erreichen den sie benötigen. Hier kann es nützlich sein mehrere Druckluftsysteme mit verschiedenen Drücken zu betreiben um energievernichtende Druckreduzierer zu vermeiden. Eine genau Untersuchung des Aufwands ist jedoch unerlässlich.

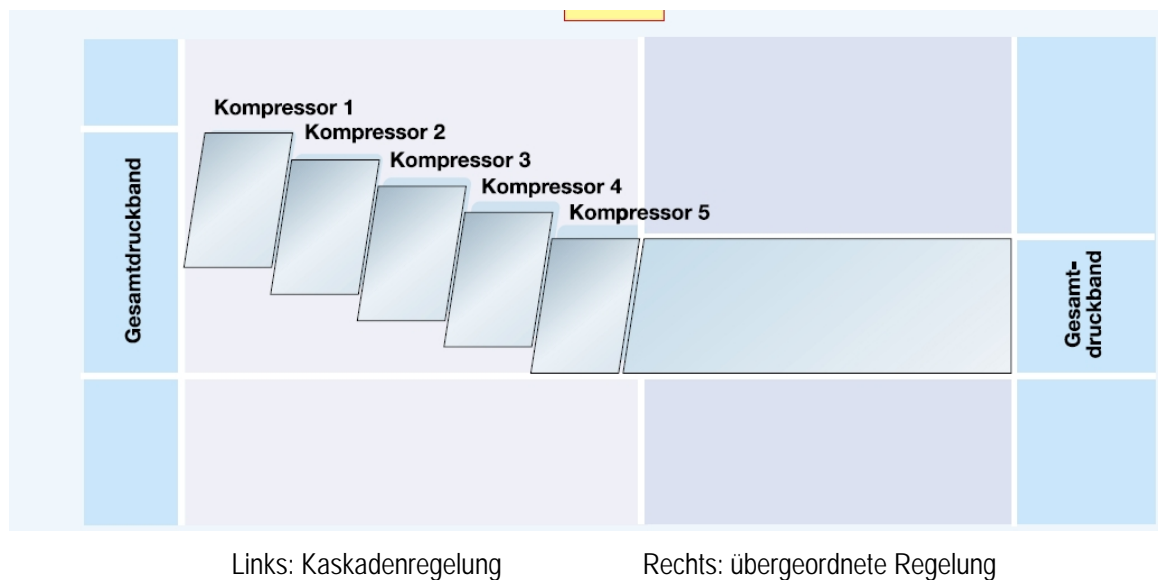
9.5 Größe der Kompressoren

Durch eine Leistungsstufung mehrerer Kompressoren können in vielen Fällen die Energiekosten gesenkt werden. Je nach Luftbedarf werden die verschiedenen Kompressoren miteinander kombiniert eingeschaltet, und so der aktuelle Luftbedarf gedeckt. Ist nur ein großer Kompressor vorhanden, so schaltet dieser ständig von Last auf Leerlauf ohne jedoch wirklich abzuschalten. Durch eine gezielte Stufung der Kompressorgrößen kann der Leerlaufbetriebszustand weitestgehend vermieden werden, wodurch sich der Energiebedarf und damit die Betriebskosten absenken. Um die richtige Kompressorenstufung zu erreichen, ist es sinnvoll die Staffelung des Luftbedarfs zu messen.

9.6 Regelung der Kompressoren

Durch das Aus- und Einschalten von Kompressormotoren entstehen Druckschwankungen, welche zusätzliche Energie verschlingen. Außerdem verbrauchen große Motoren in Folge ihrer begrenzten Schalzhäufigkeit Energie im Nachlauf. Die optimierte und mittlerweile auch kostengünstige Alternative sind drehzahleregelte Kompressoren. Sie passen sich ständig an die jeweilige Verbrauchsabnahme an und verhindern Druckschwankungen sowie übermäßigen Leerlaufbetrieb. In vielen Fällen stellen diese Varianten von Kompressoren, vor allem bei stark schwankendem Druckluftbedarf, die ideale Lösung zur Senkung der Energiekosten auf Erzeugerseite dar.

Werden mehrere Kompressoren zur Versorgung des Druckluftsystems verwendet, müssen diese stufenweise je nach Luftbedarf über den Ein/Ausschaltdruck geschaltet werden (Kaskadenregelung) oder aber es arbeiten alle Kompressoren durch eine übergeordnete Regelung im selben Druckband, dadurch können in Folge der kleineren Druckspreizung der Anlage Kosten eingespart werden.



9.7 Aufbereitungsanlagen

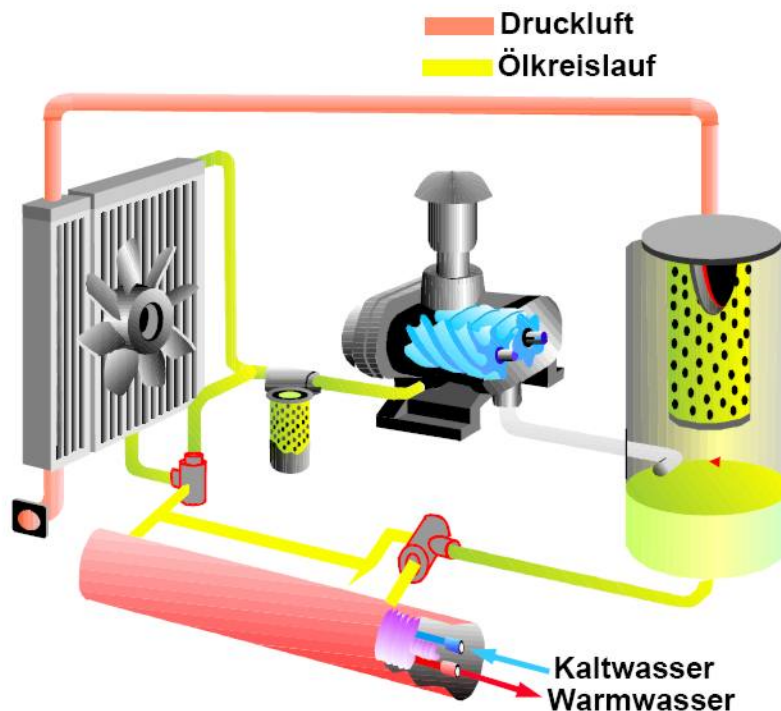
Druckluftreinigungsanlagen benötigen, wie bereits in Kapitel 6 beschrieben, Energie. Um diesen Energieverbrauch nicht unnötig in die Höhe schnellen zu lassen, ist sowohl auf die passende Auswahl der Maßnahmen zur Reinigung (nicht übers Ziel hinausschießen) als auch auf die exakte Wartung der Komponenten Wert zu legen, beispielsweise vermeidet der regelmäßige Ersatz von Filtermaterialien unnötigen Druckverlust und gewährleistet eine hohe Luftqualität.

9.8 Wärmerückgewinnung

Da der Großteil der elektrischen Energie in Wärme umgesetzt wird (85-90%), können die Gesamtenergiekosten eines Unternehmens deutlich gesenkt werden in dem die im Kompressor anfallende Wärme weiterverwendet wird und so andere Energiequellen wie Erdgas oder Erdöl geschont werden. (auch der CO₂ – Ausstoß wird so verringert)

Die einfachste Methode der Wärmenutzung besteht darin die entstehende Wärme Abluft zur Raumheizung im Winter zu benützen. (im Sommer nach außen ableiten)

Es gibt aber auch die Möglichkeit die Wärme zur Brauchwassererwärmung einzusetzen. Hierfür eignen sich öleingespritzte Schraubenkompressoren, die Wärme des Öls wird in einem eigens dafür konzipierten Wärmetauscher ans Brauchwasser abgegeben. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Wärme nur dann zur Verfügung steht wenn der Kompressor in Betrieb ist, eine zusätzliche Wärmequelle ist also trotzdem unerlässlich.



Wärmerückgewinnung bei einem öleingespritzten Schraubenkompressor

9.9 Fazit Energieeinsparung

Es bieten sich gerade bei Druckluft zahlreiche Optimierungspunkte an. Man sollte die Optimierung von der Verbraucherseite beginnen und erst zuletzt, nach Ausschöpfung aller Möglichkeiten die Kompressoren genauer untersuchen. Oftmals ergeben sich für Investitionen Amortisationszeiten von weniger als einem Jahr, zu dem wird die Umwelt geschont und das Bewusstsein für mögliche Verbesserungen innerhalb der Firma geschult.

10 Weitere Informationsquellen zum Thema Druckluft

- Untersuchung von Druckluftanlagen in Handwerksbetrieben
http://www.bayern.de/lfu/bestell/leitfaden_druckluft.pdf (840 KB)
- Druckluft im Handwerk: Energie sparen - Klima schützen - Kosten senken!
<http://www.bayern.de/lfu/bestell/druckluft.pdf> (1,7 MB)
- Effiziente Druckluftsysteme: Energie sparen - Klima schützen - Kosten senken!
<http://www.bayern.de/lfu/bestell/druckluft.pdf> (690 KB)
- Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz
<http://www.energie.ch/themen/industrie/druckluft/index.htm>
- Infoblätter der WKÖ Energieeffizienzoffensive
<http://www.wko.at/unternehmerservice/energieeffizienz/infoblaetter/druckluft.pdf>
- Druckluftbroschüren der Anlagenhersteller : Bei Agre und Atlas Copco auf Anfrage bei einem Kundenbetreuer bzw. über die Homepage.
office@agre.at
kompressoren@at.atlascopco.com
- bei Käser direkt als Download :
<http://www.kaeser.at/Images/P-2010-D-tcm7-6752.pdf> (3,3 MB)
- Bei allen anderen Herstellern: Anfragen direkt an das Kundenservice.

11 Beispiel 1

11.1 Ausgangssituation

Bei einem Skierzeuger ist eine Druckluftanlage installiert, welche in etwa 15-20% des Gesamtstromverbrauchs verursacht. Derzeit gibt es zwei verschiedene Druckluftnetze: Eines mit 13bar und eines mit 8bar. Erfahrungsgemäß sind große Einsparungen möglich.

11.2 Optimierungsmöglichkeiten/Lösungsvorschlag

An einem Wochenende wurde eine Begehung des Betriebes durchgeführt, während alle Netzbereiche eingeschaltet waren. Durch den Stillstand der Produktion konnte erst erkannt werden, wo überall Luft verloren geht. Daraus entstand eine Liste mit 214 Leckagen, die den Instandhaltern zur Behebung übergeben wird.

Auffällig ist, dass große Leckagen vor allem dort bestehen, wo es sehr laut ist, man hört es dadurch schlecht, daher muss man tatsächlich am Wochenende durchgehen.

Eine Messung während Betriebsstillstand hat ergeben, dass der Basisbedarf der Druckluftanlage zur Deckung der Leckagen bei 70kW liegt. Der Leckagenanteil liegt somit bei etwa 25%. Ein Anteil von 10% ist realistisch durchaus möglich.

11.3 Kosten/Auswirkungen

Die oben genannte Reduktion der Leckageverluste würde jährlich 342.000 kWh einsparen; das sind laut unserer Kalkulation 25650,00 Euro.

Hinweis: 1 kW Basisbedarf übers Jahr für die Leckagen bedeutet Kosten von 675,00 €.

Die geplante Vorgangsweise zur Reduktion der Leckagen ist die, dass man

- die Produktionsleiter über die Leckageverluste und die damit verursachten Kosten informieren wird und
- den Instandhaltern die Liste mit den Leckagen zur Bearbeitung übergibt.
- Regelmäßiger monatlicher Leckagedienst/Luftdienst

Daraus sollten sich auf jeden Fall deutliche Reduktionen der Verluste ergeben.

12 Beispiel 2

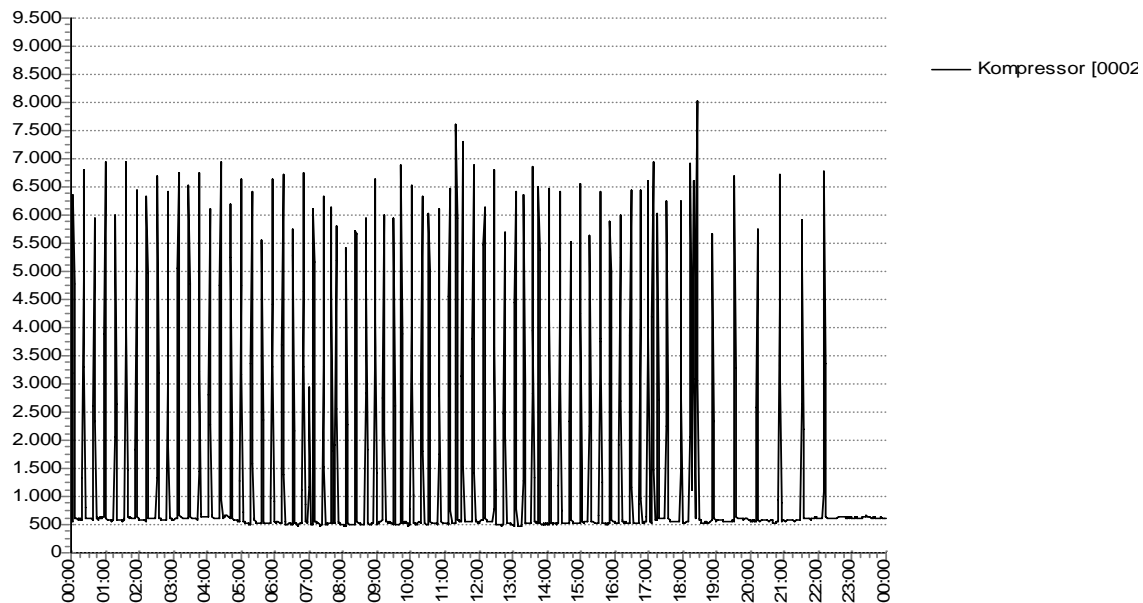
12.1 Ausgangssituation

Eine kleinere Tischlerei betreibt einen Kompressor mit einer Nennleistung von 7kW bei einem Nennabschaltdruck von 10bar. Zur Deckung der Leckageverluste schaltet der Verdichter 4mal pro Stunde für 5Minuten ein. Zur Aufbereitung der Druckluft ist ein Kältetrockner installiert welcher auch dann läuft wenn der Kompressor ausgeschaltet ist.

12.2 Optimierungsmöglichkeiten/Lösungsvorschlag

Durch eine Druckabsenkung des Kompressors (von 10 auf 8bar) kann die Einschalthäufigkeit für die Deckung der Leckageverlust halbiert werden. Dies wurde im Rahmen einer vielkanaligen Leistungsmessung ermittelt. So konnten bereits ohne die Leckagen selbst zu verringern die Verluste hierfür halbiert werden (genauer dazu siehe im Diagramm auf der nächsten Seite). Natürlich sollten die Leckagen ebenfalls reduziert werden um weitere Einsparpotenziale zu gewinnen.

Der Grund für den Dauerbetrieb des Kältetrockner ist das dieser vor Betrieb des Kompressor bereits eingeschalten sein muss. Es reichen jedoch 15min aus um den Kältetrockner auf Normalbetrieb zu bringen. Durch Installation einer Zeitschaltuhr wird der Trockner 15min vor Inbetriebnahme des Kompressors eingeschalten und abends wieder ausgeschalten.



Der Kompressor schaltet zwischen 0 und 7 Uhr durchschnittlich 4 mal pro Stunde ein. Zwischen 7 und 18 Uhr ist zusätzlich zu den Leckagen ein häufigeres Einschalten bedingt durch diverse Druckluftgeräte zu erkennen. Ab 18.00 Uhr ist erkennbar, dass der Kompressor nur mehr ca. zwei mal pro Stunde zur einschaltet, zurückzuführen auf die Reduktion des Druckes um 2bar. Dies bedeutet eine Reduktion der Leckageverluste auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes, nur durch die Druckreduktion!

12.3 Kosten/Auswirkungen

Durch die Druckabsenkung kann der Energieverbrauch um etwa 2500kWh jährlich reduziert werden. Durch die Installation einer Zeitschaltuhr für den Trockner können weitere 4800kWh an Strom jährlich eingespart werden. Insgesamt ergeben sich bei einem mittleren Strompreis von etwa 12 cent/kWh Einsparungen in der Höhe von 876 Euro/Jahr.

13 Beispiel 3

13.1 Ausgangssituation

Ein großer österreichischer Industriebetrieb betreibt fünf (2 + 2 + 1) dezentral aufgestellte Kompressoren (5x 1450 Nm³/h, 150 kW), welche in ein auftrennbares und den jeweiligen Kompressoren zuordenbares Werksnetz einspeisen.

Jede Kompressorstation ist mit Ansaugfilter, Trockner, Wärmetauscher und Speicherbehälter ausgestattet. Der Soll-Netzdruck wird dabei auf 6,0 bar bis 7,5 bar gehalten. Die Abwärme wird in der Heizsaison über Luft größtenteils zur Unterstützung der Hallenbeheizung genutzt.

Durch Leckagen in den angeschlossenen Maschinen wird etwa 50% der erzeugten Druckluft ungenutzt vergeudet! Das heißt, im Durchschnitt sind 2 Kompressoren in Dauerbetrieb, einer davon nur für Leckagen.

13.2 Lösungsvorschlag

Die Maschineninstandhaltungsabteilung ist zuständig für die Wartung der Maschinen. Daher überprüft diese Abteilung die einzelnen Maschinen, die Kosten schätzen und dort wo wirtschaftlich sinnvoll (Amortisationszeit unter 5 Jahren) werden die Leckagen repariert.

Weitere Maßnahmen:

- Absenkung Druckniveau
- Reduktion der Betriebszeiten einzelner Netzbereiche durch Absperrungen
- Information der MA über bewussten Drucklufteinsatz
- Steuerungstechnische Möglichkeiten

13.3 Kosten/Auswirkungen

Die Kosten für die derzeitigen Leckverluste von ca. 73.000 Euro (49%) werden schnellstmöglich um 50.000 Euro auf etwa in Druckluftnetzen dieser Größenordnung tolerierbare 15% reduziert werden !

Das würde bedeuten, dass die Verluste von derzeit 1,15 Mio kWh auf 350.000 kWh reduziert würden, was gleichzeitig eine Einsparung von 800.000 kWh oder 160 t CO₂ jährlich bedeutet !