

Effiziente Druckluftsysteme

Energie sparen – Klima schützen – Kosten senken!





Vorwort

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels lassen erhebliche Folgen für die Lebens- und Wirtschaftsbedingungen auch in Bayern erwarten. Eine nachhaltige Klimaschutzpolitik muss daher aus Verantwortung gegenüber künftigen Generationen die Zukunftsvorsorge in den Mittelpunkt stellen. Gegenwarts- und Zukunftsinteressen müssen in Balance gebracht werden.

Vor diesem Hintergrund hat Bayern bereits im Oktober 2000 ein wegweisendes Klimaschutzkonzept verabschiedet und 2003 fortgeschrieben. Die Bayerische Staatsregierung hat sich darin das ehrgeizige Ziel gesetzt, die Gesamt-CO₂-Emissionen in Bayern bis zum Jahr 2010 auf 80 Mio. Tonnen pro Jahr weiter zu verringern.

Das Klimaschutzkonzept enthält Maßnahmen in den Bereichen Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Land- und Forstwirtschaft, Freizeit und Erholung. Dieses umfangreiche Maßnahmenpaket macht deutlich, dass Klimaschutz eine Querschnittsaufgabe für die gesamte Gesellschaft ist und in besonderem Maße vernetztes Handeln erfordert. Wirtschaft, Staat und Kommunen sind ebenso gefordert wie jeder einzelne Bürger.

Besonderes wichtig sind breit angelegte Information und Kommunikation, die Bewusstsein für das Thema Klimaschutz schaffen, Handlungsmöglichkeiten aufzeigen und alle gesellschaftlichen Gruppen einbeziehen.

Ein konkreter Ansatzpunkt dazu ist die Hilfestellung des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (LfU) für die bayerische Industrie. Klimaschutz durch effiziente Energieverwendung, ein Thema, zu dem das LfU Untersuchungen in bayerischen Unternehmen durchführt. Die Untersuchungen decken Potenziale und Möglichkeiten zum effizienteren Energieeinsatz und zur Wärmenutzung auf. Die Ergebnisse sind in einer Reihe von Leitfäden dargestellt, die das LfU im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz herausgegeben hat.

Die vorliegende Broschüre befasst sich mit dem Thema Druckluft. In fast allen Produktionsbetrieben wird Druckluft eingesetzt. Vielen ist nicht bewusst, wie wichtig und auch wirtschaftlich notwendig ein sorgsamer Umgang mit diesem Energieträger ist. Bestehende Druckluftinstallationen weisen oft erhebliche Einsparpotenziale auf, die sich jeder Anwender zu Nutze machen kann und sollte. Denn mit einer funktionierenden Druckluftanlage können die Betriebe nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern auch ihre Kosten senken.

In dieser Broschüre erfahren Sie, worauf Sie bei der Planung, beim Betrieb und bei der Wartung von Druckluftanlagen achten sollten. Schon mit einfachen Verbesserungen können Sie Kosten senken und gleichzeitig zum Klimaschutz beitragen!



Dr. Werner Schnappauf
Bayerischer Staatsminister
für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz



Emilia Müller
Staatssekretärin im Bayerischen
Staatsministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz



Was kostet´s? Was bringt´s?

Druckluft als Energieträger ist einfach handzuhaben, sauber, flexibel einsetzbar, leicht regelbar und nahezu ungefährlich. In vielen Produktionsprozessen findet Druckluft deshalb Verwendung. 7 % oder 14 Millionen Megawattstunden (MWh) des industriellen Stromverbrauches in Deutschland werden jährlich für die Erzeugung von Druckluft eingesetzt. Um beispielsweise Steinkohle für die Erzeugung dieses Stromes zu transportieren, ist ein Zug mit einer Länge von 4.500 km notwendig. Mit erprobten Mitteln kann dieser Zug jedoch um 1.500 km kürzer sein.

Für Sie als Druckluftanwender bedeutet dies, Sie können die Energiekosten Ihrer Druckluftanlage um bis zu 33 % verringern. Dass diese Ersparnis mit überschaubarem Aufwand erreichbar ist, können 24 mittelfränkische Unternehmen, die in den Jahren 2002 und 2004 an zwei Unternehmenszirkeln teilgenommen haben, bestätigen. Die Unternehmenszirkel wurden vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz beauftragt und in Zusammenarbeit mit der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken durchgeführt. Basierend auf den dabei durchgeführten Messungen und Betriebsbesichtigungen wurden Optimierungspotenziale ermittelt und wirtschaftliche Maßnahmen ausgearbeitet.

Aus den gewonnenen Ergebnissen und Erfahrungen des 2. Unternehmenszirkels (»mittlere Unternehmensgröße«) entstand diese Broschüre. Sie hilft Ihnen, die Stellen Ihrer Anlage schnell aufzudecken, bei denen Ihnen die Energie buchstäblich durch die Finger rinnt. Sie zeigt Ihnen die Stellschrauben, an denen zu drehen ist, um Abhilfe zu schaffen.

Im Durchschnitt können bei den untersuchten Firmen jedes Jahr Energiekosten in Höhe von 7.500 Euro eingespart werden.

Wollte eines der Unternehmen das gleiche Ergebnis über eine Umsatzsteigerung erzielen, wäre hierfür eine Steigerung um 150.000 Euro pro Jahr notwendig. Nach Einschätzung der Teilnehmer ein viel größerer Aufwand.

Die am häufigsten aufgedeckten Verbesserungsmöglichkeiten sind:

- Vermeidung von Leckagen
- Richtige Wahl des Druckniveaus
- Optimierung von Regelung und Steuerung
- Richtige Wahl der Dimension von Kompressor, Netz-Anschlüssen und Verbindungen
- Nutzung der Kompressorabwärme
- Einsatz effizienter Endgeräte
- Kontrolle des Energieeinsatzes
- Schulung der Anwender

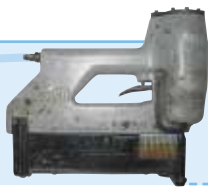
Wie viel diese Maßnahmen bei Ihrer Anlage bewirken, können Sie mit Hilfe dieser Broschüre ermitteln. Sie hilft Ihnen bei der Analyse der Anlagentechnik Ihrer Druckluftversorgung und gibt eine Handreichung zur Effizienzsteigerung der Komponenten.

Druckluft ist eine der teuersten Energieformen in Industriebetrieben. Für einen Kubikmeter Druckluft, der in einer Minute verbraucht wird, ist durchschnittlich eine elektrische Leistung von 8 kW notwendig. Bundesweit werden jährlich fast 1,5 Milliarden Euro zur Bereitstellung von Druckluft für Produktionsprozesse ausgegeben. Dies kann verbessert werden.

Durch einen umsichtigen Umgang mit Energie sichern Sie die Zukunft Ihres Unternehmens und leisten gleichzeitig einen Beitrag zur Erhaltung einer lebenswerten Umwelt. Mit der Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen können durchschnittlich fast **5 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr und Anlage** gespart werden.

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz, die Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken und die Regierung von Mittelfranken bedanken sich bei allen Unternehmen der beiden Pilotprojekte »Unternehmenszirkel Druckluft« aus Mittelfranken, den Kompressorenherstellern Boge Kompressoren GmbH & Co. KG, CompAir Drucklufttechnik GmbH und Kaeser Kompressoren GmbH, sowie der Fa. Pressluft Stölzel KG für Ihre Unterstützung.





Erfahrungswerte – Unternehmen berichten

»Wir haben bereits 1998 unseren gesamten Betrieb nach Einsparpotenzialen mit Hilfe der Energie Agentur Mittelfranken durchsuchen lassen. Wir haben viele Maßnahmen umgesetzt und dadurch unsere Energiekosten gesenkt. Durch die Teilnahme am »Unternehmenszirkel Druckluft« können wir weitere 30 % an Druckluftkosten sparen. Wir werden die Leckagen weiter reduzieren, Leerlaufverluste senken und für einige Anwendungen Saugpistolen einsetzen. Dies gehört zu unseren Managementaufgaben wie viele andere. Sie sind notwendig, um im Wettbewerb zu bestehen.«

Eberhard Schwarz, Kaufmännische Leitung und Jens Hansen, Umweltmanagement, Maschinenfabrik Niehoff GmbH & Co. KG



»Bei unseren Produkten legen wir besonderen Wert auf Qualität. Sie ist für uns ein sehr wichtiger Faktor. Energie für Druckluft spielt eher eine untergeordnete Rolle. Andererseits zählt Energie natürlich zu den Kostenfaktoren, die wir im Auge behalten müssen, um konkurrenzfähig zu sein. Im Rahmen des »Unternehmenszirkels Druckluft« konnten wir feststellen, dass der Aufwand zur Steigerung der Energieeffizienz oftmals gering ist. Aus diesem Grund werden wir hier und in anderen Zweigwerken in Gesprächszirkeln regelmäßig Effizienzpotenziale ermitteln und Steigerungen umsetzen und dies nicht nur bei Druckluft, sondern auch bei anderen Energieverbrauchern.«

Stefan Engl, Segmentleitung Impulseis und Ulrich Rothe, Leitung Großkälte, Nestlé-Schöller



»Durch die vielen Verbindungsstellen im Druckluftnetz hatten wir 28 % Leckverluste. Wir waren überrascht, wie viel Druckluft hierdurch über das Jahr verloren geht. Wir haben nun Teile des Netzes zu produktionsfreier Zeit mit Ventilen abgeschottet, regelmäßig wird die Leckage festgestellt und reduziert. Schlauchanschlüsse und andere Verbindungen wurden abgedichtet. Die Abwärme der Kompressoren werden wir zur Hallenbeheizung verwerten. Die Kompressorsteuerung wurde als ein Ergebnis des »Unternehmenszirkels Druckluft« sofort verbessert. Unser Unternehmen legt besonders Wert auf rationellen Einsatz aller Produktionsfaktoren, zu denen natürlich auch Druckluft gehört. Mit Hilfe der Untersuchungen können wir zukünftig Ausgaben von mehreren tausend Euro pro Jahr vermeiden.«

Helmut Fischer, Produktionsleitung, Personal und Technik, Fa. Sielaff GmbH & Co. KG



»Die Leitsätze der Unternehmenspolitik von Klingele sind Wirtschaftlichkeit, Qualität und Umweltverträglichkeit. Nachdem wir unsere Prozesse so gestalten, dass sie - sofern wirtschaftlich zu vertreten - mit einem Minimum an Rohstoff- und Energieeinsatz sowie Schadstoffausstoß auskommen, haben wir unsere Druckluftstation im Januar 2004 modernisiert. Da zur Bereitstellung der Ressource Druckluft viel Energie notwendig ist, erarbeiten wir aktuell Maßnahmen zur Reduktion der Luftverluste und zur Absenkung des Förderdruckes.

Der »Unternehmenszirkel Druckluft« war in diesem Zusammenhang sehr aufschlussreich, er unterstützte unsere Bemühungen, festgelegte Umweltziele effizienter zu erreichen. Da die Optimierung der Druckluftversorgung mit enormen Sparpotenzialen verbunden ist, empfehlen wir jedem Betrieb seine Druckluftanlage zu überprüfen und Schwachstellen zu beseitigen.«

Bernhard Harrer, Werksleitung und Helmut Distler, Umweltbeauftragter, Klingele Papierwerke GmbH & Co. KG

Gesamtkonzept

Energie ist in vielen Produktionsbetrieben ein ebenso wichtiger Faktor wie die Grundstoffe, aus denen die Produkte hergestellt werden. Energie betrifft alle Teile eines Unternehmens, sowohl die Produkte als auch die Gebäude. Aus diesem Grund steht ihr im Management eine besondere Rolle zu.

ENERGIEMANAGEMENT

Unternehmensführung					
Controlling					
Energiemanagement					
Einkauf	Verwaltung	Marketing	Produktion	Entwicklung	Vertrieb

Wirksames Energiemanagement sollte wie folgt aufgebaut sein:

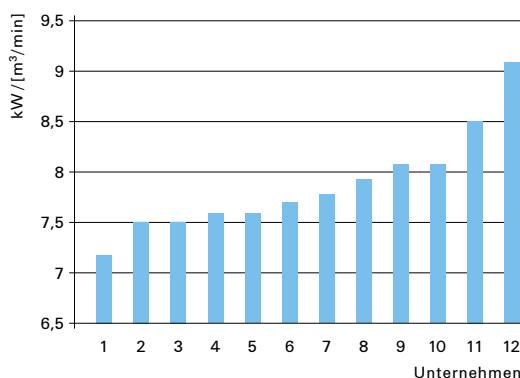
- Der Einkauf achtet beim Erwerb von Geräten auf deren Effizienz.
- Die Produktion stellt die Energiebilanz für das Produkt auf.
- Jede Abteilung stellt eine Betriebsmittel- und eine Energiebilanz auf.
- Marketing und Vertrieb stellen die Vorteile eines umweltfreundlichen Produktes nach außen dar.

BENCHMARK

Druckluft (DL) sollte Bestandteil des Energiemanagements sein. Ein für die Technik verantwortlicher Mitarbeiter überwacht den Betrieb der Anlage sowie den Bedarf an Energie und gibt hierüber Bericht. Sehr hilfreich für eine kaufmännische Steuerung ist die Einrichtung einer Kostenstelle, in der neben den Instandhaltungskosten auch die Kosten für die Energie einfließen.

Über den Vergleich mit anderen Anlagen kann der energietechnische Zustand der eigenen Anlage schnell eingeschätzt werden. Die gemessene spezifische Leistung, ausgedrückt in elektrischer Leistung pro in der Minute gefördertem Kubikmeter Druckluft [$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})$], ist für Vergleiche von Kompressorstationen sehr gut geeignet. In diesen Kennwert fließen sehr viele Faktoren ein, die die Wirtschaftlichkeit einer DL-Anlage beeinflussen. Nachfolgend sind die Kennwerte aus den analysierten Unternehmen vor der Optimierung dargestellt.

Spezifische Förderleistung



Gute Anlagen haben Kennwerte in der Größenordnung von 6,5 bis 7,5 $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})$. Die Übersicht zeigt, dass wenige Anlagen in ihrem optimalen Betriebspunkt arbeiten und vielfach Effizienzpotenziale vorhanden sind.

BEDARFSERMITTLUNG

Ändern sich die Anforderungen oder wird eine Anlage neu ausgelegt, sollte immer von der Anwendung ausgehend eine Bedarfsprognose erstellt werden. Abhängig von der DL-Anwendung ist die bereitzustellende Druckluftmenge, der Druck und die Qualität der Druckluft zu wählen. Die Anwendung bestimmt die Größe der Abmessungen und Leistungen einer DL-Anlage. Danach werden die Verteilungsleitungen ausgelegt und anschließend der Verdichter ausgewählt.

Können für eine Anwendung sowohl druckluft- als auch elektrisch betriebene Werkzeuge eingesetzt werden, so sollten die jeweiligen Vor- und Nachteile abgewogen werden. Die Vorteile von DL-Werkzeugen sind hohe Flexibilität, hohe Arbeitsgeschwindigkeit sowie einfache und gefahrlose Handhabung. DL-Werkzeuge sind wirtschaftlicher, wenn die Abwärme der Kompressoren genutzt wird. Über 90 % der in die Kompressoren gesteckten Energie können zur Beheizung von Räumen oder Prozessen genutzt werden.

Bei der Auslegung der DL-Anlage ist zu berücksichtigen, dass erfahrungsgemäß nicht mehr als 70 % aller Werkzeuge gleichzeitig in Betrieb sind (schon bei 10 Abnahmestellen).

Bei der Optimierung bestehender Anlagen gibt eine Bedarfsmessung über mehrere Wochen die beste Auskunft.

Der notwendige Förderdruck ergibt sich aus dem Druckbedarf der Anwendungen zuzüglich den Netzverlusten. Die Qualität der Luftaufbereitung gibt ebenfalls die Anwendung vor.





Technische Optimierung

LECKAGE

Bei einer Druckluftanlage geht die meiste Energie durch den Verlust von Luft verloren. In den untersuchten Unternehmen erreichten die Leckageverluste bis zu 70 % der mittleren Bedarfsmenge, der Durchschnitt betrug 36 %. Meist lag die Ursache an vielfachen Undichtigkeiten, vor allem beim Luftleitungs-zubehör, an den Werkzeugen und im Netz. Leckage wird durch undichte Schlauchschellen, Kupplungen, Absperrventile, Wartungseinheiten, Filter und gealterte Schläuche verursacht. Die Werkzeuge selbst verlieren Luft oftmals über verschlissene Dichtungen.

Hier lohnt sich ein systematisches Herangehen. Im ersten Schritt sollte Ihre Technik regelmäßig zu produktionsfreier Zeit begangen werden. Jedes Zisch- und Pfeifgeräusch ist ein Indiz für Luftverlust. Hörbare Leckage »kostet« mindestens 0,1 m³/min Druckluft. Ein Loch von 1 mm Durchmesser verursacht beispielsweise jedes Jahr Kosten von rund 400 Euro. Gute Hilfsmittel sind daneben Lecksuchmittel (z. B. Wasser mit Spülmittel in einer Sprühflasche). Ein Ultraschallmessgerät ermöglicht die exakte Ermittlung von kleineren Leckagen, auch bei Vorhandensein anderer Betriebsgeräusche. Die Leckage sollte bei kleinen Netzen unter 5 %, bei sehr großen Netzen unter 15 % liegen.

In einem zweiten wichtigen Schritt sollten die Mitarbeiter informiert werden. Die am »Unternehmenszirkel Druckluft« beteiligten Firmen begrüßten einstimmig eine Schulung des Bedien- und Instandsetzungspersonals, da die Höhe der Luftverluste und Kosten den wenigsten Mitarbeitern bekannt ist.

Um den Verlust weiter einzuschränken kann mit dem Absperrn des gesamten Netzes oder Rohrabschnitten zu produktionsfreier Zeit viel erreicht werden. Sinnvoll ist eine elektrische Verknüpfung von Lichtschaltern mit Strangabsperrventilen.



1 bar = 10⁵ Pa

Unsere Tipps:

- Suchen und beseitigen Sie konsequent und regelmäßig Leckagen.
- Informieren Sie die Anwender und das Instandhaltungspersonal über gutes Leitungszubehör und dessen Einsatz.
- Vermeiden Sie Leckageverluste durch Teilnetzabsperungen.

DRUCKNIVEAU

Üblicherweise gewährleistet ein hoher Druck im Versorgungsnetz ein hohes Arbeitspotenzial der Anwendungen. Allerdings geht jedes Bar Druck mit einer um 6 bis 10 % höheren Energieaufnahme der Kompressoren einher. Aus diesem Grund sollte gut abgewogen werden, welcher Ausgangsdruck an der DL-Versorgungsstation eingestellt wird. Am Ausgang der Kompressorstation sollte der Druck nicht höher als 0,5 bar über dem Druckbedarf der Anwendung liegen.

Der Einfachheit halber versorgen viele Unternehmen Werkzeuge mit unterschiedlichen Anforderungen an das Druckniveau mit dem gleichen DL-Netz. So wurden z. B. Werkzeuge mit einem Bedarf von 6 bar und Sperrluftanwendung an Fertigungsmaschinen mit einem Bedarf von lediglich 1 bar Überdruck aus der gleichen Kompressoranlage gespeist. Dieses Vorgehen ist verbreitet, aber wenig effizient.

Die Luft wird erst auf über 6 bar verdichtet und ein großer Teil anschließend wieder entspannt. Der Energieaufwand für die Anwendung mit dem niedrigeren Druck ist um 30 % bis 50 % höher als notwendig. Für die Anwendungen, die ein von der Hauptanwendung stark abweichendes Druckniveau benötigen, empfiehlt sich daher die Installation eines eigenen Netzes. Die meisten Druckluftwerkzeuge sind auf einen Anschlussdruck von 6 bar ausgelegt. Häufig ist der an den Werkzeugen anliegende Druck jedoch geringer. Ursachen sind meist Engstellen zwischen dem Anschluss am Rohrnetz und der Anwendung.

Häufig sind Schlauchtüllen, Hähne, Y-Stücke, Kupplungen und Wartungseinheiten mit zu kleinen Abmessungen im Einsatz. Es werden oftmals quetschempfindliche, zu lange Schläuche und Schläuche mit zu engem Querschnitt verwendet. Die Auswirkung solcher Nadelöhere ist den Nutzern selten bewusst: Die Werkzeuge arbeiten nicht mit voller Leistung.



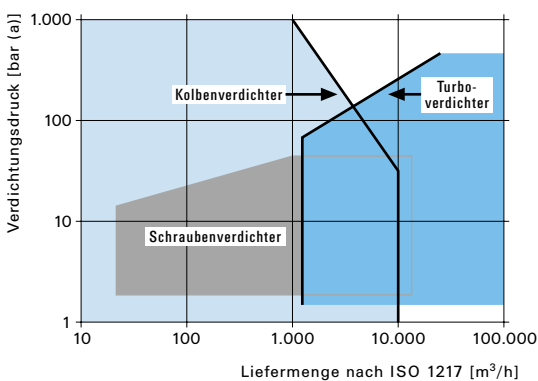
Ob solche Nadelöhre vorliegen, kann festgestellt werden, indem unmittelbar am Werkzeug der statische (Druck bei Werkzeugruhe) und der dynamische Druck (Druck bei Betrieb des Werkzeugs) gemessen werden. Liegen die beiden Drücke mehr als 0,7 bar auseinander, so existiert ein Flaschenhals in der zuführenden Leitung.

Unsere Tipps:

- **Druckhöhe auf den erforderlichen Druck einstellen. Jedes zusätzliche Bar Druckerhöhung kostet 6 – 10 % Energie.**
- **Druckanwendungen, die auf unterschiedliche Anschlussdrücke ausgelegt sind, sollten mit verschiedenen Kompressoren versorgt werden.**
- **Zu geringer Druck wird meistens durch eine mangelhafte Zuleitung verursacht. Verwenden Sie Leitungszubehör mit gleichmäßigem, ausreichend bemessenem Querschnitt.**

DIMENSIONIERUNG STEUERUNG & REGELUNG

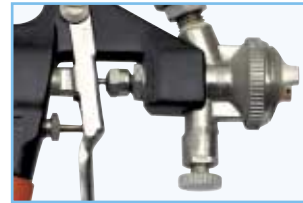
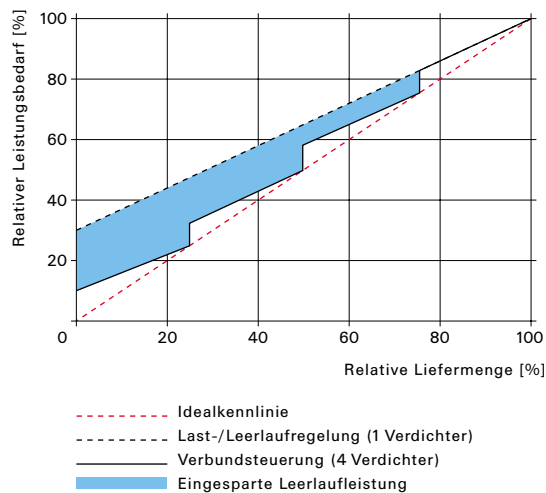
Bei Neu- oder Ersatzbeschaffung von Druckluftanlagen ist die Kenntnis der speziellen Eigenschaften der Kompressoren notwendig. Alle haben einen spezifischen optimalen Betriebsbereich. In Deutschland überwiegen Schraubenkompressoren.

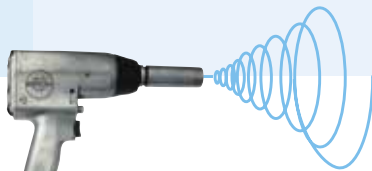


In vielen Fällen werden aus Gründen der Auslegungssicherheit zu große Kompressoren ausgewählt. Bei den untersuchten Unternehmen lag die Auslastung der Kompressoren im Durchschnitt nur bei 54 %. Eine geringe Auslastung von Kompressoren verursacht höhere Energiekosten. Um die Erzeugung an den Bedarf anzupassen, werden die Kompressoren ein- und ausgeschaltet. Häufiges Ein- und Ausschalten schadet den Elektromotoren, die die Verdichter antreiben. Damit sie nicht überhitzen, müssen sie eine gewisse Zeit nachlaufen. Im Leerlaufzustand nehmen die Antriebsmotoren aber 20 bis 30 % der Nennleistung auf, ohne dass Luft gefördert wird.

Ein großer Druckluftspeicher verbessert die Situation. Trotzdem gibt es auch dann noch Leerlaufphasen. Eine schlechte Auslastung der Kompressoren ist deshalb soweit möglich zu vermeiden. Die Schaltdifferenz der Schraubenkompressoren sollte zudem 0,5 bar nicht wesentlich überschreiten. Ein zu hoher Ausschaltedruck sollte vermieden werden, um das durchschnittliche Druckniveau so niedrig wie möglich zu halten.

Eine Druckluftanlage ist dann gut ausgelegt, wenn mehrere Kompressoren über eine übergeordnete Steuerung bedarfsabhängig nacheinander ein- und ausgeschaltet werden. Der maximale Druck kann dabei reduziert werden. Eine gute Regelung ist möglich, wenn die Kompressoren den maximalen Bedarf zu 70 %, 50 % und 25 % abdecken und ein großer Verdichter drehzahl geregelt ist. Mit solchen Anlagenkonzepten wird höchste Effizienz erreicht: Anstatt 20 % Leerlaufenergie fallen nur noch 2 % Regelenergie für die Drehzahlregelung an. Die Last auf mehrere Kompressoren zu verteilen, hat zusätzlich den Vorteil, dass bei Ausfall oder Wartungsarbeiten Reserve vorhanden ist.





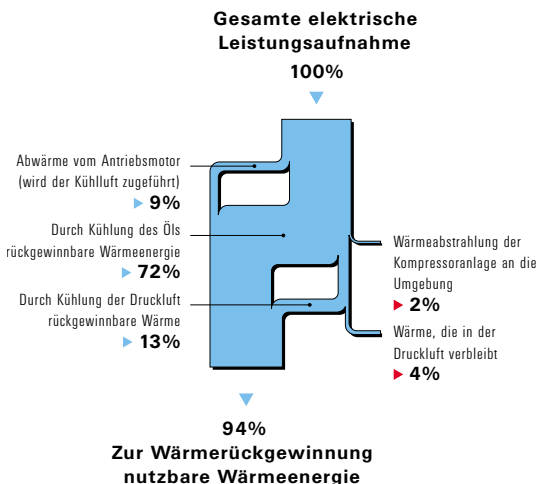
Eine andere Möglichkeit, die Schaltdifferenzen klein zu halten, sind Kaskadenschaltungen. Hierbei werden druckabhängig maximal drei Kompressoren nacheinander ein- oder ausgeschaltet. Jedem Kompressor ist ein eigener Schaltbereich zugewiesen. Da hierbei ein breites Druckband entsteht, ist das durchschnittliche Druckniveau sehr hoch.

Unsere Tipps:

- Minimieren Sie Leerlaufverluste und das Schaltspiel von Ein- und Ausschaltdruck.
- Eine Drehzahlregelung oder mehrere kleine Verdichter passen die Luftliefermenge sehr gut an schwankenden Bedarf an.
- Verschalten Sie mehrere Verdichter mit einer effizienten übergeordneten Steuerung.
- Verwenden Sie wirkungsgrad-optimierte Antriebsmotoren der Effizienzklasse 1 (EFF 1).

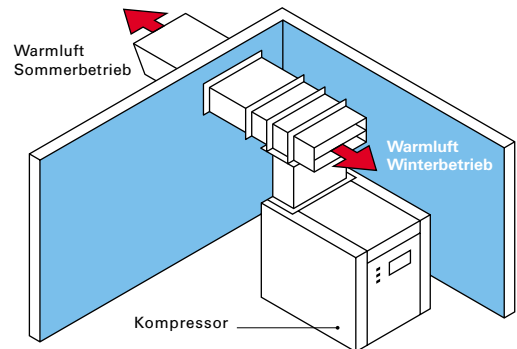
▶ WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Bei vielen technischen Prozessen entsteht Abwärme. Bei der Druckluftherzeugung ist der Anteil der Abwärme, die in Nutzwärme umgewandelt werden kann, besonders hoch. 94 % der in einem Kompressor eingesetzten Energie können zu Heizzwecken verwendet werden.



Es lohnt sich aus diesem Grund zu prüfen, wo im Unternehmen Heiz- oder Warmwasserbedarf besteht und wie die Abwärme dafür genutzt werden kann.

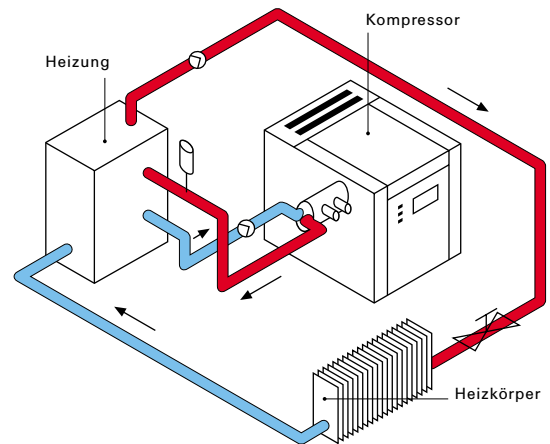
Eine einfache Variante ist die Warmluftheizung. Die vom Kompressor erwärmte Luft wird hierfür über Luftschächte in Produktionsbereiche geleitet. Bei größerer Distanz zwischen Kompressor und des zu heizenden Raumes muss gegebenenfalls ein Stützventilator installiert werden.



Der größte Teil der Abwärme fällt beim Ölkühler an. Mit dem auf bis zu 90° C erhitzten Öl lassen sich über Plattenwärmetauscher 72 % der Abwärme nutzen.

Diese Warmwasserheizung hat gegenüber der Warmluftheizung den Vorteil, dass die Wärme mit geringem Aufwand über größere Strecken transportiert und direkt in das Heizsystem eingespeist, Brauchwasser erwärmt oder für Produktionsprozesse genutzt werden kann.

Die Abwärme des Elektromotors und des Nachkühlers kann zusätzlich die Raumluft erwärmen.



Grundsätzlich gilt:

- Fast die gesamte elektrische Energie, die in Verdichter gesteckt wird, steht kostenfrei als Abwärme zur Verfügung.
- Eine Abwärmenutzung ist umso wirtschaftlicher, je gleichmäßiger die Auslastung der einzelnen Kompressoren und der Wärmebedarf über das Jahr ist.
- Je höher der Energiepreis für Heizung, desto rentabler die Energierückgewinnung.

DRUCKLUFTAUFBEREITUNG

Verunreinigungen im DL-Netz können die Zuverlässigkeit der DL-Versorgung beeinträchtigen. Die Werkzeuge müssen vor Staub, Öl und Wasser geschützt und gereinigt werden. Je höher die Reinigungswirkung der Filter gewählt wird, desto größer ist aber der Druckverlust und desto mehr Energie muss der Kompressor aufbringen und die Energiekosten steigen. Darüber hinaus steigen mit höherer Güteklasse der Filter auch die Kosten.

Die DL-Qualität sollte daher auf die Anwendung abgestimmt sein. Dies gilt sowohl für die Filterung an der Ansaugöffnung des Kompressors, als auch am Ende der Verdichtung. Auch Verunreinigungen tragen zu Druckverlusten und somit höheren Energiekosten bei.

Daher lohnen sich ein regelmäßiger Austausch der Filter und die Reinigung der Ansauggitter. Der Druckverlust durch Trockner und Filter auf der Druckseite der Verdichtung sollte bei gewöhnlichen Anwendungen einen Wert von 0,7 bar nicht überschreiten, anderenfalls sind sie verbraucht oder die Querschnitte zu klein gewählt. Für die verschiedenen Anwendungsarten gibt die VDMA 15390 Empfehlungen für die DL-Reinheit.

Empfohlene Güteklassen

Anwendung	Staub	H ₂ O	Öl
Handgeräte in der Industrie	4	5	5
Werkzeugmaschinen	4	3	5
Spritzpistolen	3	3	1
Förderung pulveriger Stoffe	2	3	2
Allgemeine Werksluft	4	6	5
Reinigung von Maschinenteilen	4	6	4
Druckluftzylinder	3	3	5
Nahrungs- und Genussmittelherstellung	1	4	1

Grundsätzlich gilt auch hier: »Soviel wie nötig, so wenig wie möglich«.

ANWENDUNGEN WERKZEUG

Häufig stehen Druckluftanwendungen in Konkurrenz mit elektrisch betriebenen Geräten, manchmal sind sie unersetzlich. Wer die DL-Anwendungen mit Bedacht auswählt, entscheidet sich für einen modernen wirtschaftlichen Energieträger. Bei den Betriebsbesichtigungen wurden allerdings auch Anwendungen gefunden, die unwirtschaftlich sind.

So werden z. B. häufig Druckluftpistolen zum Reinigen von Maschinen und Geräten eingesetzt. In einem mittelständischen Betrieb waren 80 Pistolen vorhanden. Sie gehören zum alltäglichen Bild in den Betrieben und kaum jemand macht sich Gedanken über Alternativen. Dabei haben Druckluftpistolen sogar den Nachteil, dass sie Werkstoffreste eher verteilen als beseitigen.

Nach dem Abblasen muss das Material noch weggekehrt werden. Mit Druckluftsaugern, die mit Venturidüsen Unterdruck erzeugen, spart man sich dies. Sie sind deshalb eine sehr gute Alternative.



In einigen Betrieben wird mit Druckluft Vakuum erzeugt, was durch die Verwendung von Venturidüsen möglich ist. Die Anwendung ist hier das Heben von Blechen oder Kartons. In diesen Fällen ist es wirtschaftlicher, den Unterdruck mit Hilfe von Drehschieberkompressoren für diese Heber zu erzeugen.

Die gleichen Kompressoren sollten Anwendung finden, wenn für Metallbearbeitungsmaschinen Sperrluft bis maximal 1 bar notwendig ist.

WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG

Der finanzielle Aufwand zur Beseitigung und Überwachung der Leckagen amortisiert sich in weniger als einem Jahr. Bei den meisten anderen Optimierungspotenzialen war ebenfalls die jährliche Einsparung größer als der Aufwand.

Weitergehende Potenziale, die mit größeren Investitionen verbunden sind, werden noch geprüft. Hier ist es notwendig, die Investition genauer zu ermitteln, um endgültig zu entscheiden.

WEB-TIPP

Weitere Hinweise zum Thema »Effiziente Druckluftnutzung« finden Sie auf den Internetseiten der Kampagne »Druckluft effizient« unter www.druckluft-effizient.de/fakten.

Unternehmenszirkel Druckluft 2004

Übersicht der Anlagenanalysen

	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	Firma 8	Firma 9	Firma 10	Firma 11	Firma 12
Energiebedarf [kWh/a x 1000]	147,6	312,8	392,7	85,3	242,8	156,1	1.672,5	58,8	63,3	127,3	63,6	134,5
Leckage	34%	20%	42%	64%	28%	41%	40%	35%	40%	33%	25%	35%
Potenzial für weitere Optimierung	30%	45%	10%	24%	9%	10%	10%	42%	0%	14%	33%	0%
Frequenz / übergeordn. Steuerung vorhanden	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
Steuerung optimal	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+
Auslastung des Hauptkompressors [%]	31	80	90	36	42	46	72	44	22	52	86	45
DL-Bedarf [m ³ /min]	4,70	2,10	9,10	3,10	8,50	2,20	12,40	0,85	1,00	2,40	1,60	2,00
Spez. Förderaufwand [kW/(m ³ /min)], gemessen	7,60	8,10	7,20	9,10	7,70	8,10	8,50	8,00	7,80	7,50	7,40	7,60
Spez. Förderaufwand [kW/(m ³ /min)], lt. Typenschild	5,7	6,3	6,4	7,3	5,7	7,0	7,0	5,7	7,8	6,8	5,9	6,9
Druckniveausenkung [bar]	Teilnetze	3	1	3	+	+	+	1	+	0,4	0,5	+
Wärmerückgewinnung	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-
Druckverluste bis Netzende [bar]	0,1	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	n.B.	0,2	0,1	0,6	0,4	0,2
Druckluftanwendung	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Effiziente Motoren vorhanden	-	-	n.B.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kostenstelle für DL vorhanden	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-

Legende: [+] : akzeptabel oder vorhanden, [-] : nicht akzeptabel oder nicht vorhanden, [n.B.] : unbekannt

Ergebnisse

- Energiebedarf für Druckluftherzeugung in 12 Betrieben 3.462.000 kWh/a
- Energiekosten (bei angenommenen 11 Cent/kWh) **381.000 Euro/a** bzw. 1,47 Cent/m³
- Spezifischer Bedarf (Messwert) 7,94 kW/(m³/min)
- Spezifischer Bedarf (Typenschild) 6,5 kW/(m³/min)
- Durchschnittliche Leckage **36 % = 1.246.000 kWh/a = 137.000 Euro/a (zwischen 20 und 64 %)**
- Weitere Optimierungspotenziale (ggf. Investition nötig) **19 % = 658.000 kWh/a = 72.000 Euro/a**
- Einsparpotenzial Wärmekosten (5 Fälle) **88.500 Euro/a**

- Der Druckverlust von der Kompressorstation bis zur letzten Entnahmestelle betrug maximal 0,6 bar. Aber: Nadelöhre sind vorhanden.
- In sieben Fällen kann der Förderdruck um 0,4 bis 3 bar gesenkt werden.
- In keinem Fall ist der Druckluftspeicher zu klein.
- In sechs Fällen kann die Steuerung (Nachlaufzeiten) verbessert werden.
- In zwei Fällen kann die Filtration verbessert werden (Druckverlustreduktion durch geeignete Filter).
- Die Kosten für Trocknung liegen bei 6,5 % der Gesamtkosten.
- Druckluftsauger können als Alternative zu den Blaspistolen vermehrt verwendet werden.
- EFF-1-Motoren sind auch bei den neuen Anlagen nicht im Einsatz, obwohl sie rentabel sind! Die Anwendung für Sperrluft und Blechtransport ist unwirtschaftlich. Besser sind Drehschieberpumpen oder Seitenkanalgebläse.
- In drei Fällen liegen den DL-Verantwortlichen die Kosten für Betrieb und Energie als Kostenstelle vor.

Alle Teilnehmer des »Unternehmenszirkels Druckluft« haben den Unternehmenszirkel als Unterstützung Ihrer Aufgaben begrüßt. Etwa 95 % der vorgeschlagenen Maßnahmen werden umgesetzt. Alle begrüßen eine Anwenderschulung, eine Firma führt zukünftig Energieworkshops in allen Niederlassungen durch. Bei einigen Firmen ist die Optimierung der Druckluftanlagen eingebunden in andere Maßnahmenpakete zu Umweltschutz und Ressourcenmanagement. Eine zweite Kontrollmessung im nächsten Jahr ist geplant, um die Wirksamkeit der Maßnahmen zu ersehen.

Wie gehe ich vor?

Zur Verbesserung des Zustandes Ihrer Druckluftanlagentechnik sollten Sie wie folgt vorgehen:

Ermitteln Sie überschlägig die Kosten Ihrer Kompressorenanlage.

Hinweise:

- Die elektrische Leistung können Sie vom Typenschild der Kompressoren ablesen.
- Die jährliche Laufzeit von Kompressoren beträgt bei Kleinbetrieben etwa 2000 h, bei mittelständischen Betrieben etwa 4000 h.
- Den Strompreis Ihres Unternehmens erhalten Sie von Ihrer Verwaltung.

Die Kosten, die Sie jährlich einsparen können, betragen etwa 33 % Ihrer jährlichen Ausgaben für den Druckluft-Strombedarf.

Sprechen Sie darüber mit Ihrem Chef, er wird Sie bei den nachfolgenden und wiederkehrenden Maßnahmen unterstützen.

Lassen Sie den Verbrauch Ihrer Druckluft messen.

Wenigstens sieben Tage, besser 14 Tage lang. Bei der Messung sollte neben der Druckluftmenge auch die Stromaufnahme der Kompressoren ermittelt werden. Eine gute Auswertung ergibt dann die spezifische Leistung in kW/(m³/min).

Liegt die spezifische Leistung über 6,5 kW/(m³/min) sollten Sie Ihre Erzeugerstation optimieren. Bei der Verbesserung Ihrer Anlage können helfen:

- ein Kompressorenhersteller
- ein Energieberater
- der Fachhandel für Druckluftzubehör.

Aus dem Druckluftverbrauch zu produktionsfreier Zeit ersehen Sie Ihre Leckageverluste. Bedenken Sie: 1 m³ Luft kostet rund 1,5 Cent.

Begehen Sie die Anlage zu fertigungsfreier Zeit.

Nehmen sie durch Hören oder mit Hilfe von Lecksuchmitteln die Leckagen auf, oder stellen Sie die Lecks durch ein gekauftes oder geliehenes Ultraschallmessgerät fest.

Installieren Sie bedarf- oder zeitgesteuerte Absperrungen Ihres Druckluftnetzes,

dann ist außerhalb produktiver Zeit die Leckage in den Rohrleitungen und Werkzeugen unterbunden.

Nehmen Sie die Beseitigung der Leckagen und deren Feststellung in Ihren jährlichen Wartungsplan auf.

Prüfen Sie die Möglichkeiten einer Abwärmenutzung in Ihrem Betrieb.

- Kann die Abluft des Kompressorgehäuses im Winter in die Fertigungshalle geführt werden?
- Lässt sich die Abwärme des Ölkühlers des Kompressors im Prozess, zur Warmwasserbereitung oder für Heizzwecke nutzen?

90 % des in den Kompressor gesteckten Stromes kann als Wärme genutzt werden.

Ermitteln Sie den Druckverlust Ihrer Verteilung.

Bringen Sie während des Produktionsbetriebes (Hochbetrieb) an verschiedenen Endabschnitten Ihres DL-Netzes vor dem letzten Verbraucher ein Manometer an (mit dem längsten Abschnitt beginnen). An diesen Stellen sollte der Druck nicht mehr als 1 bar unter dem Druck am Kompressor liegen. Die Drücke müssen zeitgleich abgelesen werden. Um die Drücke zeitgleich ablesen zu können, ist ein weiterer Mitarbeiter und ein Telefon (Handy) notwendig. Ist der Druckverlust größer als 1 bar, haben Sie ein Nadelöhr in der Rohrleitung, das Sie beseitigen sollten.

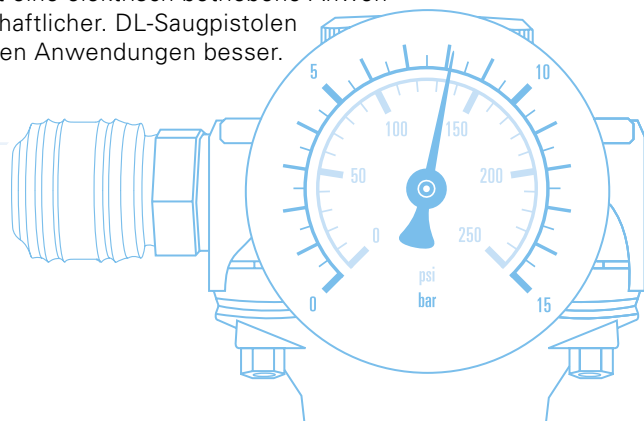
Normalerweise liegt der Fehler am Zubehör: Schläuchen, Kupplungen, γ-Stücken, Ventilen. Ihr Zubehörhändler berät sie gerne.

Ermitteln Sie, wie viel Druck Ihre Druckluftwerkzeuge und Anwendungen brauchen.

Ist der Förderdruck Ihrer Kompressoren mehr als 1,0 bar über dem Bedarf der Anwendung zuzüglich des Druckverlustes in der Leitung, dann senken Sie ihn in 0,5-bar-Schritten. Wenn Sie Anwendungen mit verschiedenen Druckniveaus haben, prüfen Sie die Wirtschaftlichkeit eines zweiten Netzes. **Jedes Bar an Druck braucht 6 – 10 % Energie.**

Prüfen Sie die Anwendungen und Werkzeuge auf ihre Notwendigkeit.

Eventuell ist eine elektrisch betriebene Anwendung wirtschaftlicher. DL-Saugpistolen sind bei vielen Anwendungen besser.





Bayerisches Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg

Telefon 08 21/90 71-0

Telefax 08 21/90 71-55 56

E-Mail poststelle@lfu.bayern.de

Internet www.bayern.de/lfu

Pilotprojekt 1:

»IHK-Unternehmenszirkel kosten- und energieeffiziente Druckluftsysteme 2002«

Fachliche Federführung: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg
poststelle@lfu.bayern.de

Gesamtfederführung: IHK Nürnberg für Mittelfranken, Innovation | Umwelt
iu@nuernberg.ihk.de

Trainer und Moderator: Büro für Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Energiemanagement
P. Lämmer
Gerhart-Hauptmann-Straße 102, 90763 Fürth
PetraLaemmer@web.de

Unternehmen: A.W. Faber-Castell, Stein; DATEV eG, Nürnberg; Diehl Metall Stiftung & Co. KG, Röthenbach a.d. Pegnitz; Dynamit Nobel Kunststoff GmbH, Weißenburg; ECKA Granulate GmbH & Co. KG, Velden; Eckart GmbH & Co. KG, Velden; E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, Altdorf; MAN Nutzfahrzeuge AG, Nürnberg; maul + co - Chr. Belser GmbH, Nürnberg; Neumeyer Fließpressen GmbH, Nürnberg; Oechsler AG, Ansbach; R. Bergner Verbindungstechnik GmbH & Co. KG, Schwabach

Pilotprojekt 2:

»IHK-Unternehmenszirkel kosten- und energieeffiziente Druckluftsysteme in mittleren Unternehmen 2004«

Fachliche Federführung: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg
poststelle@lfu.bayern.de

Gesamtfederführung: IHK Nürnberg für Mittelfranken, Innovation | Umwelt
iu@nuernberg.ihk.de

Trainer und Moderator: EnergieAgentur Mittelfranken e.V.
Landgrabenstraße 94, 90443 Nürnberg,
info@eamfr.de



Unternehmen: ATOTECH DEUTSCHLAND GMBH, Feucht; Bühler Motor GmbH, Nürnberg; DEHN & SÖHNE GmbH & Co. KG, Neumarkt; Heinrich Müller GmbH, Wendelstein; HYDROMETER GmbH, Ansbach; Kennametal GmbH, Lichtenau; Klingele Papierwerke GmbH & Co. KG, Hilpoltstein; LYRA Bleistift-Fabrik GmbH & Co., Nürnberg; Maschinenfabrik Niehoff GmbH & Co. KG, Schwabach; Nestlé Schöller Produktions GmbH, Nürnberg; Sielaff GmbH & Co. KG, Herrieden; TVU Textilveredlungsunion GmbH & Co. KG, Leutershausen

Herausgeber:

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz | Augsburg 2004

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160 | 86179 Augsburg | Telefon: (08 21) 90 71-0

Telefax: (08 21) 90 71-55 56 | E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Text und technische Erarbeitung: EnergieAgentur Mittelfranken e. V. | Nürnberg

Layout und Fotografie: aia büro für gestaltung | 86167 Augsburg

Druck: Senser_Druck | 86199 Augsburg | Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des

Bayerische Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV)

Überreicht durch:

