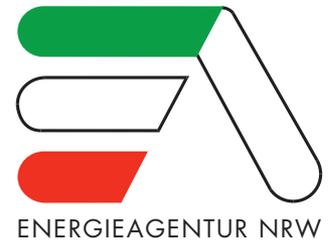
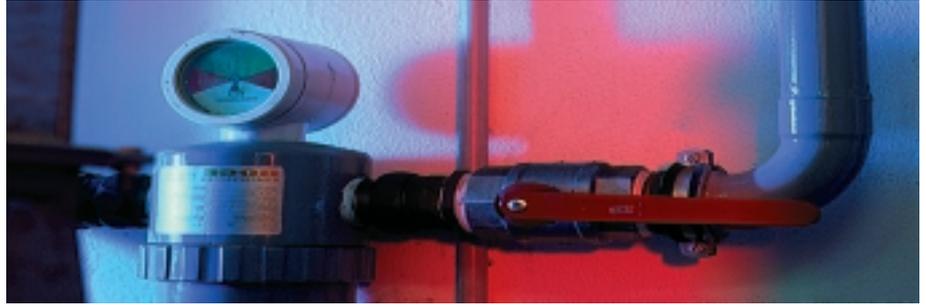


PROJEKT-INFO:



Energiekosten und Leckagen

**Das Druckluftnetz – ein
Energiefresser im Betrieb**



Das Druckluftnetz – ein Energiefresser im Betrieb

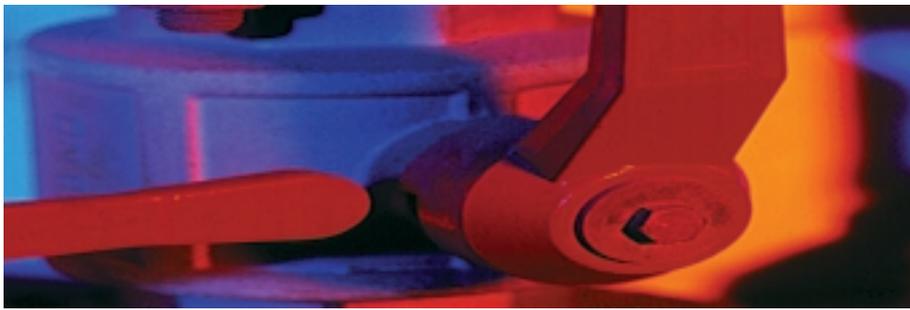
Jede Fabrik braucht sie, doch kaum jemand weiß, daß Druckluft eine der teuersten Energieformen ist. Die rationelle Nutzung von Druckluft birgt daher große Einsparpotentiale. Häufig konzentrieren sich die Einsparbemühungen nur auf die Druckluftherzeugung, das heißt auf die Kompressoren und die Wärmerückgewinnung.

Aber auch die Druckluftverteilung bietet ein großes Potential zur Energiekostenreduzierung, das nicht vernachlässigt werden sollte. Im wesentlichen betrifft dies die Bekämpfung von Leckagen und die korrekte Auslegung der Druckluftleitungen zur Minimierung der Druckverluste. Die planerischen und anwendungstechnischen Kenntnisse, die notwendig sind, um dieses Potential zu erschließen, werden von kompetenten Fachfirmen und Beratern in NRW angeboten.

Die häufig anzutreffende Konstellation effizienter Kompressoren auf der einen Seite und veralteter Druckluftverteilungen auf der anderen Seite führt oftmals dazu, daß nur ein Teil der möglichen Energiekosten eingespart wird. Es ist nicht außergewöhnlich, daß in einem vernachlässigten Druckluftrohrsystem Leckagen von 30 Prozent und Druckabfälle von 2 bar bestehen, die dazu führen, daß bis zu 50 Prozent der eingesetzten Energie vergeudet wird – das zeigen Erfahrungen der Energieagentur NRW. Nicht nur die Energie wird hier umsonst bezahlt. Nach einer Sanierung der Druckluftverteilung könnten theoretisch die Hälfte der Kompressoren stillgelegt werden.

Ein Grund für die Tatsache, daß häufig zwar moderne und effiziente Kompressoren eingesetzt werden, aber das Druckluftnetz nicht gleichermaßen optimiert wird, ist die häufig anzutreffende Aufteilung der Zuständigkeit im Betrieb für die Energieart Druckluft, und zwar auf die Bereiche Druckluftherzeugung und Druckluftverteilung. Letztere fällt meistens in die Zuständigkeit allgemeiner betrieblicher Rohrwartung. Da die Leckagen bei Druckluftrohren nicht sichtbar sind, keine Umweltprobleme verursachen und in der Regel auch keine Sicherheitsmängel nach sich ziehen, führt das Druckluftnetz im Betrieb häufig ein vergessenes Dasein mit den eingangs erwähnten Folgen. Wenn bei Netzerweiterungen bzw. beim Anschluß neuer Verbraucher an einigen Stellen Versorgungsengpässe auftreten, wird der Druck des gesamten Netzes angehoben, anstatt die Rohrdurchmesser an die benötigten Liefermengen anzupassen. Eine sehr teure Art und Weise, die Versorgung anzupassen. Da eine Änderung der Rohrdurchmesser bei einem bestehenden Netz nur schwer möglich ist, ist es bei der Auslegung des Netzes besonders wichtig, von Beginn an die Dimensionierung der Verteilung optimal auszulegen. In einem Drei-Schicht-Betrieb mit zum Beispiel 200 kW Kompressorenleistung kann eine schlechte Druckluftverteilung überflüssige Energiekosten von deutlich über 100.000 Mark pro Jahr verursachen. Ein Geschäftsfeld, das insbesondere Ingenieurbüros und Consultants noch stärker bearbeiten könnten.

Die Druckluftmessung



Eine erste Problemlösung – die Druckluftmessung

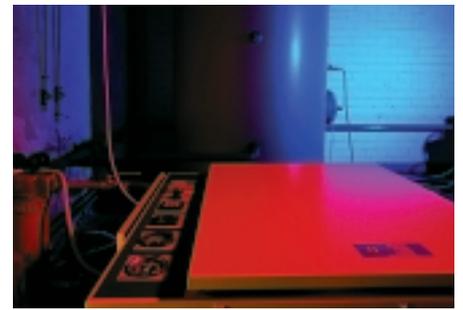
In vielen Unternehmen besteht Unklarheit über die eingesetzte Energie zur Bereitstellung der Druckluft. Die tatsächlichen Stromkosten können nicht bestimmt und verursachungsgerecht Kostenstellen zugewiesen werden. Desweiteren besteht oft Unklarheit über den Anteil der Druckluftverluste durch Leckagen. Abhilfe schaffen kann in diesen Fällen eine Druckluftmessung, die auch mit einfachen Mitteln möglich ist.

Diese ermöglicht eine erste Abschätzung der Stromkosten für die Druckluftherzeugung. Genauere Messungen, die detailliertere Ergebnisse bringen, aber auch einen höheren Aufwand erfordern, werden von spezialisierten Fachfirmen angeboten.

Die vom Land getragene Energieagentur NRW versteht sich als unabhängige Anlaufstelle für Unternehmen und Kommunen in NRW, die eine neutrale Energieerstberatung anbietet. Ein Ziel der Arbeit der Energieagentur NRW besteht darin, die Geschäftsführer von nordrhein-westfälischen Betrieben zu motivieren, über kostensenkende Investitionen in das Druckluftsystem nachzudenken. Um dazu die wirtschaftlichsten Maßnahmen zu ermitteln, wird empfohlen, externe Fachberater oder Fachbetriebe anzusprechen. Auf Wunsch nennt die Energieagentur NRW mögliche Ansprechpartner, falls die Betriebe nicht über entsprechende Firmkontakte verfügen.

Im Folgenden sind die Ergebnisse von zwei Druckluftmessungen beispielhaft dargestellt, die nach Initialberatungen der Energieagentur NRW (Außenstelle Duisburg) durchgeführt wurden.

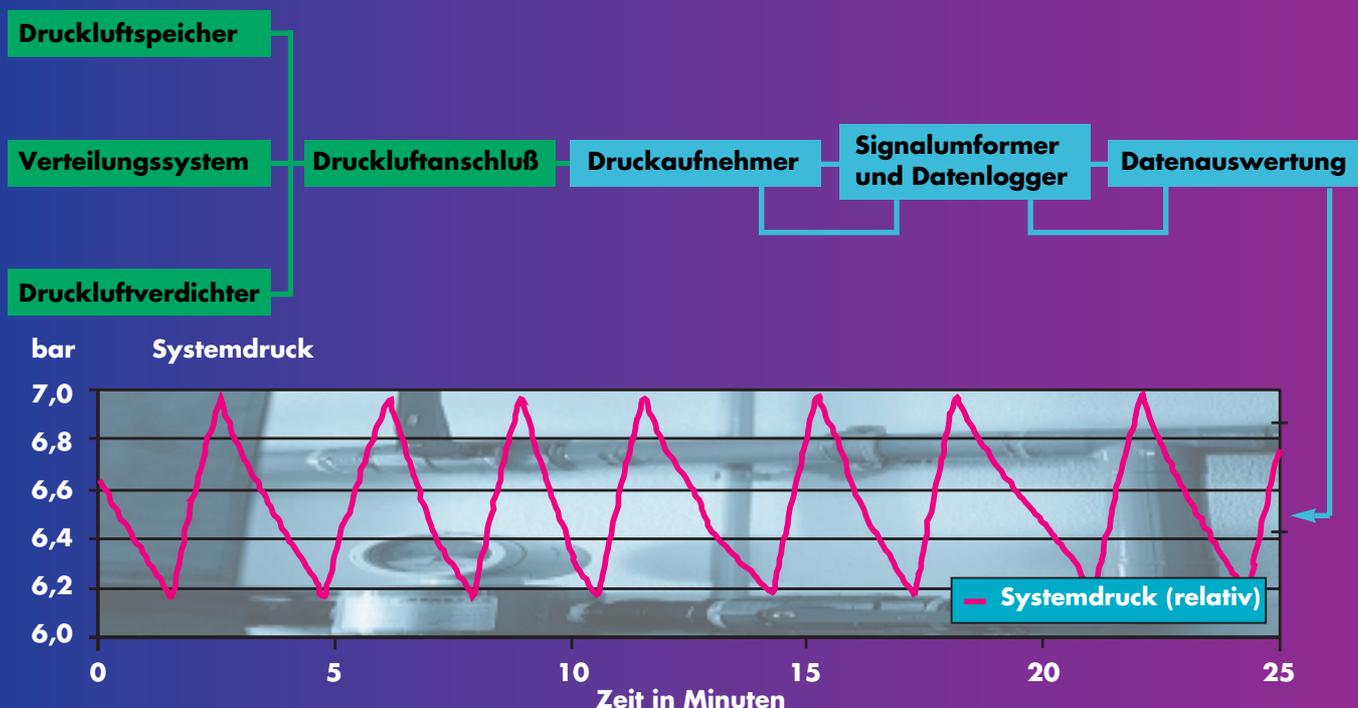
Der Meßaufbau



Der Meßaufbau

Der aus handelsüblichen Komponenten bestehende Meßaufbau benötigt eine standardisierte Druckluftsteckdose oder eine Druckluftverschraubung in unmittelbarer Nähe der Druckluftherzeugungsstation. Durch die dämpfende Wirkung des Druckluftspeichers werden unerwünschte Druckschwingungen, die bei Druckluftentnahmen aus dem Verteilungssystem auftreten können, reduziert. Das Druckluftsystem wird über eine Schlauchleitung mit dem Druckaufnehmer verbunden. Der Druckaufnehmer wandelt den Systemdruck in ein Spannungssignal um. Dieses wird vom Signalumformer digitalisiert und im Datenlogger gespeichert. Die Meßdaten können über eine Schnittstelle auf einen PC übertragen und dort ausgewertet werden.

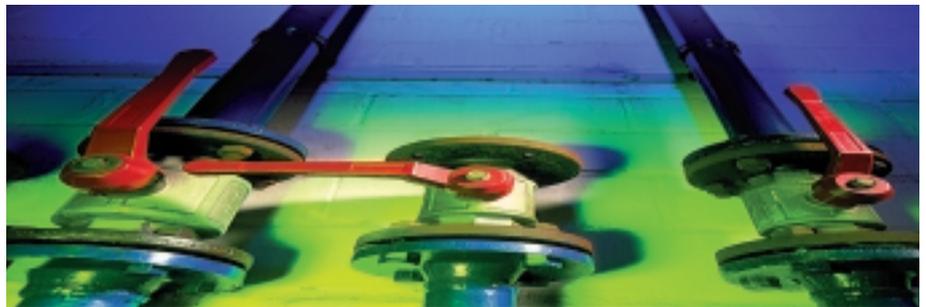
Meßaufbau zur Ermittlung des zeitlichen Druckverlaufes



Das Meßprinzip



Die Meßauswertung



4

Das Meßprinzip

Für die Ermittlung der Druckluftverluste durch Leckage wurde die Methode des geringsten Druckabfalls entwickelt. Das Verfahren beruht auf der Annahme, daß ein Druckluftsystem ohne kontinuierliche Dauerverbraucher bei Schwachlast kurze Zeiträume aufweisen muß, in denen keine Nutzabnahme erfolgt. Hierbei wird das Gefälle bzw. die Steigung der Kurve des Druckverlaufs als Maß für die Luftzufuhr oder -entnahme betrachtet. Für einen kurzen Zeitabschnitt wird der Druckabfall bei stillstehendem Kompressor ermittelt. Da dieser vom relativen Systemdruck abhängig ist, wird die Systemdruckkurve in verschiedene Druckstufen zerlegt. Für jede Druckstufe werden über einen längeren Zeitraum (z.B. 8 Stunden) die Druckgefälle der Größe nach sortiert. Der kleinste Wert jeder Druckstufe wird für die Erstellung einer Funktion des Druckabfalls durch Leckage in Abhängigkeit des relativen Systemdrucks benötigt. Unter Berücksichtigung der Leckage kann diese Methode auch auf den Druckanstieg bei Betrieb des Kompressors übertragen werden.

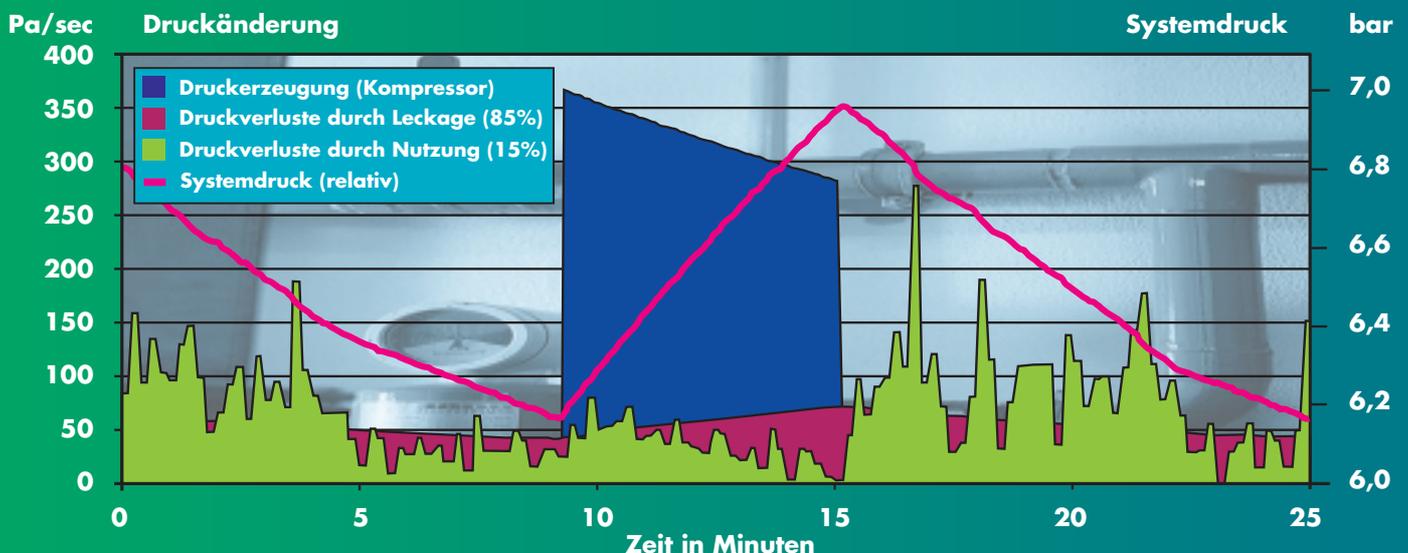
Die Meßauswertung

Die ermittelten Funktionen ergeben den idealen Druckverlauf durch Kompressorbetrieb und Leckage bei fehlender Druckluftnutzung. Neben dem zeitlichen Verlauf des relativen Systemdrucks können die Druckänderungen durch Leckage und Kompressorbetrieb dargestellt werden. Die darunter liegenden Flächen sind jeweils gleich groß und in erster Näherung proportional zum Energieeinsatz. Aus der ablesbaren Kompressorbetriebszeit, der Gesamtzeit einer Periode und der Stromaufnahme des Kompressors kann der Strombedarf zur Deckung der Leckageverluste bestimmt werden. Wird der Strombedarf für Leckage auf ein Jahr hochgerechnet und mit dem Stromarbeitspreis multipliziert, kann ein DM-Betrag für ein mögliches Kosten-Einsparpotenzial ausgewiesen werden.

Wird die tatsächliche Systemdruckkurve bei Nutzabnahme von der idealen Druckkurve überlagert, ergeben sich als Differenz die Nutzenergien. Je steiler die Systemdruckkurve bei Kompressorstillstand ist und je flacher bei Kompressorbetrieb, desto stärker ist die Nutzabnahme. Wird die Differenz des Druckabfalls von realer und idealer Druckkurve gebildet, erhält man den Druckverlust durch Nutzung. Die beiden Flächen des Druckverlustes durch Nutzung und Leckage sind zusammen so groß wie die Fläche der Druckerzeugung. Das Verhältnis der Flächen von Nutzung und Leckage ist proportional zum Verhältnis der Nutzenergie zur Verlustenergie.

Die Energieagentur NRW sieht die Möglichkeit durch die Messung Betriebe zu motivieren, in ein Energiemanagement einzusteigen. Eine breite Anwendung dieses preiswerten Meßverfahrens ist daher von besonderem Interesse. Beratungsunternehmen, die das Verfahren weiterentwickeln und einsetzen möchten, erhalten weitergehende Informationen.

Druckverluste durch Leckage und Nutzung bei Starklast



Meßergebnisse



Meßergebnisse



Meßergebnisse bei der Firma Flender ESAT, Herne

Die Firma Flender ESAT, die bereits einige Projekte zu rationellen Energieverwendung umgesetzt hat, nutzt jede Chance, ihre Wettbewerbsfähigkeit weiter zu verbessern: Die Druckluftmessung in diesem Betrieb zeigte trotz Starklastbetrieb einen hohen Leckageverlust von ca. 45% der erzeugten Druckluft auf. Bei Schwachlast wurde eine deutliche Dominanz der Leckageverluste (ca. 85%) gegenüber der Druckluftnutzung (ca. 15%) ermittelt. Die geschätzten Stromkosten für die Druckluftherzeugung: ca. 10.000 DM/a. Durch vollständige Leckagebeseitigung könnten hiervon ca. 4.500 DM/a eingespart werden. Hierbei sind vermeidbare Verluste bei der Druckluftherzeugung noch nicht berücksichtigt.

Meßergebnisse bei der Firma Tridelta, Dortmund

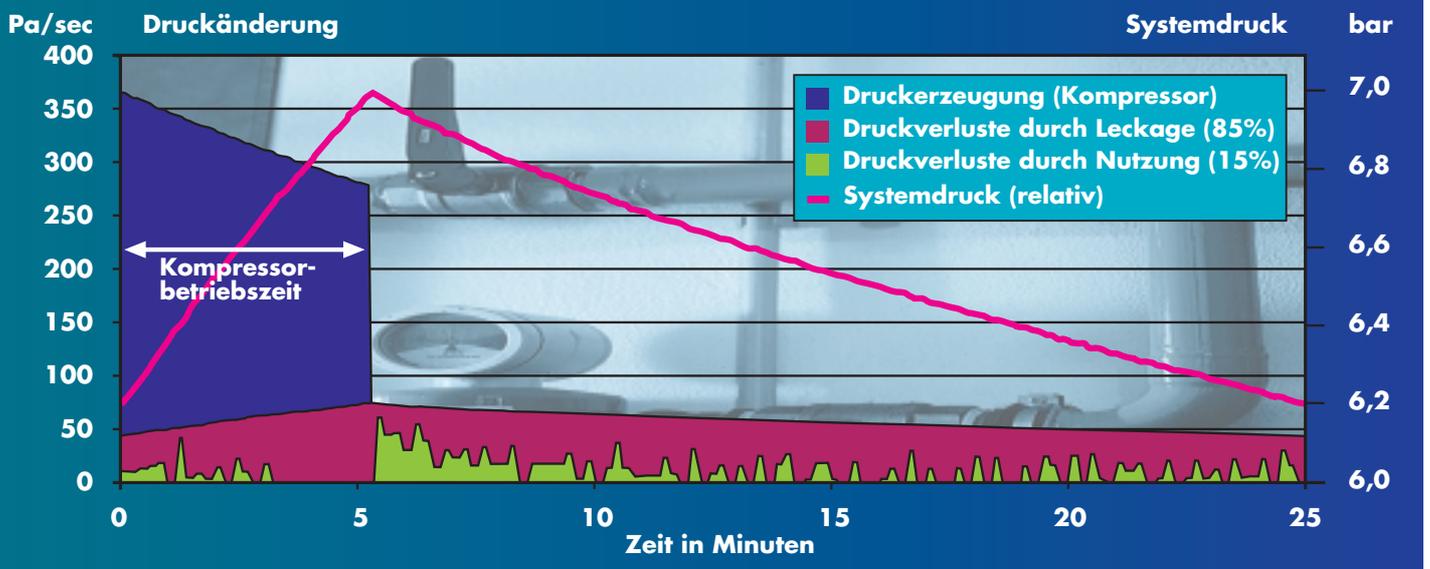
Auch die Firma Tridelta setzt auf neue Umweltmaßstäbe und wird Energie effizienter einsetzen: Aufgrund der gemessenen Druckkurve wurden hier für die verschiedenen Tages- und Wochenzeiten die Zeitanteile von Teil- und Vollast ermittelt. In der Starklastzeit am Vormittag wurden Leckageverluste von 80% und eine Druckluftnutzung von 20% ermittelt. In den Schwachlastzeiten am Nachmittag, in den Nacht- und Wochenendstunden sinkt der Nutzanteil auf unter 10%. Hochgerechnet auf ein Jahr ergibt sich ein Verhältnis von Druckluftnutzung zur Leckage von ca. 1:9.

Ein weitere Quelle für Energieverluste stellt der Schraubenkompressor dar. Dieser läuft im Dauerbetrieb mit Leerlaufphasen, in denen trotz fehlender Druckluftförderung erhebliche Mengen an Strom benötigt werden. Diese Strommengen werden in Wärme umgesetzt und mit dem Abwärmestrom in die Umgebung geleitet. Zusätzlich wird aufgrund der hohen abgelesenen Stromaufnahme in diesem Betriebszustand ein nicht einwandfreier Betrieb der Anlage vermutet, was zu weiteren Verlusten führt.

Aufgrund der vorgenommenen Messung des Druckverlaufs und der Ableseung der Stromaufnahme wurde der jährliche Strombedarf für die Druckluftbereitstellung hier auf ca. 865 MWh/a geschätzt. Die Stromkosten der Druckluftherzeugung lassen sich unter Berücksichtigung des derzeitigen Gesamtstrombezugs und des Stromvertrags auf ca. 91.000 DM/a abschätzen. Könnte die genutzte Druckluftmenge verlustarm erzeugt und leckagefrei verteilt werden, würde sich der Stromverbrauch auf 76 MWh reduzieren. Die verbleibenden Energiekosten betragen ca. 8.000 DM/a, so daß ein Einsparpotential von ca. 83.000 DM/a ausgewiesen werden kann.

Aus den geschätzten 865 MWh elektrischer Energie werden nur ca. 69,2 MWh Druckluftenergie erzeugt. Von der erzeugten Druckluftenergie gehen ca. 90% durch Leckage verloren, so daß lediglich 6,9 MWh genutzt werden; dieses entspricht einem Gesamtnutzungsgrad von <1%. Die kWh Nutzenergie kostet demnach 13,32 DM/kWh Druckluft (zum Vergleich: Strompreis 0,105 DM/kWh, (preiswerteste Zone, Faktor 126).

Druckverluste durch Leckage und Nutzung bei Schwachlast





Zur Planung von Druckluftanlagen

Bei der Planung von Druckluftleitungen sind die Kenntnisse aus dem Wasser- und Heizungsbau nur wenig hilfreich. Planung und Bau der Druckluftverteilung unter den Gesichtspunkten der optimalen Auslegung und des energiekostengünstigen Betriebs erfordern spezifische Fachkenntnisse. Druckluftverteilungen sollten ebenso sorgfältig und fachmännisch geplant werden wie Elektroverteilungen. Die Auswahl passender Werkstoffe bei Rohren, Formteilen und Armaturen hinsichtlich einer langen Lebensdauer, einer guten Umweltverträglichkeit und einer hohen Wirtschaftlichkeit muß sorgfältig geschehen.

Folgende Anforderungen an die Druckluftverteilung sollten erfüllt werden:

- Der Druckabfall im Netz muß minimiert sein und darf 0,1 bar nicht überschreiten, die maximale Fließgeschwindigkeit beträgt 6 m/Sek.
- Die Rohrverbindungen müssen dicht sein (z.B. geschweißt, gelötet oder geklebt)
- Die Rohre sollten korrosions- und oxydationsfest sein, um Beeinträchtigungen der Luftqualität und auf Dauer Leckagen zu vermeiden.

Zur Ausschöpfung des erwähnten Einsparpotentials scheint es sinnvoll, die Zuständigkeit der gesamten Drucklufttechnik (Erzeugung, Verteilung, Verbraucher) betrieblich in einer Hand verantwortlich zu konzentrieren. Das ist besonders wichtig, wenn die Druckluftanlage von einem Komplettanbieter installiert wird oder gewartet werden soll. Der Lieferant sollte den Preis der Druckluft am Verbrauchspunkt garantieren, was ihn zu einer optimalen Kombination der Komponenten unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten zwingt.

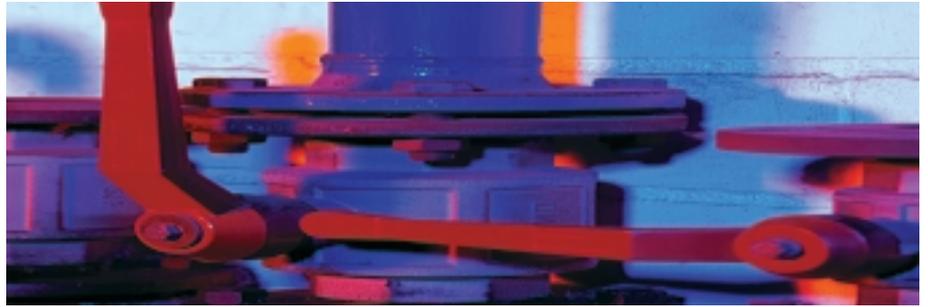
Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Anschaffung oder Sanierung einer Druckluftanlage sollten sowohl die Investitionskosten für Anschaffung und Installation als auch die Betriebskosten für Energie und Wartung von Anfang an berücksichtigt werden. Aufgrund des hohen Anteils der Energiekosten kann es durchaus sinnvoll sein, höhere Investitionskosten in Kauf zu nehmen, um eine

Reduzierung der Energiekosten, die aufgrund der Lebensdauer einer Druckluftanlage über viele Jahre anfallen, zu erreichen.

Wenn ein Unternehmen die Druckluftanlage im Rahmen von Outsourcing nicht selber bauen und betreiben möchte, bietet Contracting die Möglichkeit, die Druckluftanlage in einer Hand zu konzentrieren und zu optimieren. Das Unternehmen schließt mit einem Contractor einen Vertrag nach dem dieser die Druckluftanlage plant, finanziert, baut, betreibt und wartet. Auch die Reservehaltung wird von ihm übernommen. Das Unternehmen, das die Druckluft nutzt, bezahlt nur noch die bereitgestellte und bezogene Druckluft. Der Contractor als spezialisiertes Unternehmen mit entsprechendem Know-how kann die Anlage optimal und kostengünstig bauen und betreiben. Um im Wettbewerb mit anderen Contractoren zu bestehen, muß er die Druckluft möglichst kostengünstig anbieten und wird dazu seine Fachkompetenz und seine Erfahrung auch zum Nutzen seines Kunden einsetzen. Das Unternehmen kann sich vom Contractor zum Beispiel einen Preis pro Kubikmeter Druckluft am Verbrauchspunkt (nicht am Kompressor) garantieren lassen. Die Energieagentur NRW führt als neutraler Dritter Contractor und Contracting-Nehmer zusammen und begleitet das Projekt.

Weitere Informationen sind zu diesem Thema auch erhältlich im Seminar „Druckluft“, das die Energieagentur NRW im Rahmen des REN Impuls-Programms RAVEL NRW nordrhein-westfälischen Weiterbildungseinrichtungen zur Verfügung stellt.





Beteiligte Firmen:

1. Flender ESAT

Engineering & Service
Antriebstechnik GmbH
Südstraße 111, 44625 Herne
Tel. 02323/940-0 – Fax 02323/940-204
Ansprechpartner: Herr Gräve,
technischer Produktionsleiter

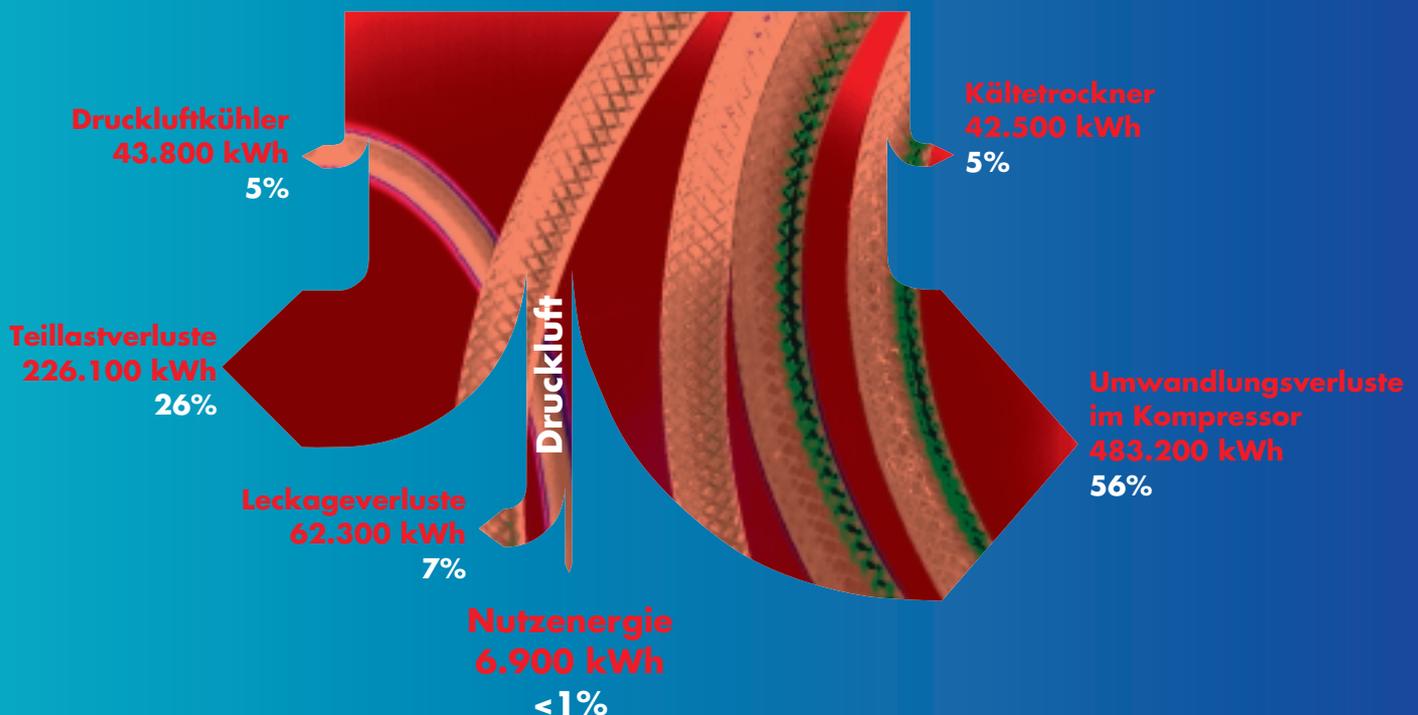
- Betrieb mit 250 Mitarbeitern (1998), 3-schichtige Betriebsweise.
- Der 18 kW Kompressor läuft im Aussetzbetrieb.
- Die Druckluft wird in Werkzeugmaschinen und Härteöfen eingesetzt.
- Der Stromeinsatz für die Druckluftbereitstellung wird nicht separat erfaßt.

2. Tridelta Dortmund GmbH

Ostkirchstraße 177, 44287 Dortmund
Tel. 0231/4501-0 – Fax 0231/4501-357
Ansprechpartner: Herr Bellen,
Koordination, Investitions- und
Fördermittel

- Das Unternehmen ist eine Holding mit 8 selbständigen Firmen.
- Betrieb mit 250 Mitarbeitern (1998), 2-schichtige Betriebsweise.
- Der 150 kW Schraubenkompressor läuft im Last/Leerlauf-Betrieb mit zeitweiliger Druckluftförderung.
- Die Druckluft wird in Werkzeugmaschinen eingesetzt.
- Die Druckluft wird nicht gezählt, aber durch eine willkürlich festgelegte Pauschale abgerechnet.
- Der Stromeinsatz für die Druckluftbereitstellung wird nicht separat erfaßt.

Jahresstromeinsatz 864.800 kWh



Die Energieagentur NRW wurde als neutrale und unabhängige Landeseinrichtung gegründet. Ihr Auftrag lautet, Unternehmen sowie Städten und Gemeinden Hilfestellung zur ökonomischeren Energieverwendung und zum Einsatz unerschöpflicher Energiequellen zu geben – einerseits durch Beratung, andererseits durch Wissensvermittlung.

Impressum

©ENERGIEAGENTUR NRW

Morianstraße 32
42103 Wuppertal
Tel: 0202/245 52-0
Fax: 0202/245 52-30
Internet: <http://www.ea-nrw.de>

Bismarckstraße 142
47057 Duisburg
Tel: 0203/306-1261
Fax: 0203/306-1299