

Effiziente Motorsysteme für Druckluftanlagen

P. Radgen, Karlsruhe

Motorgetriebene Systeme sind für 70 % des industriellen Strombedarfs verantwortlich. Dennoch werden betriebswirtschaftlich rentable Maßnahmen zum effizienteren Stromeinsatz bisher nicht ausreichend umgesetzt. Dies liegt dabei meist nicht an technischen Problemen, sondern an Informationsdefiziten. Dabei steht eine Vielzahl hilfreicher und kostenloser Hilfsmittel und Informationsangebote zur Verfügung, die auf ihre Nutzung warten.

1 Elektromotorsysteme verursachen hohe Stromkosten

In der Industrie sind Elektromotoren in vielfältigen Anwendungsbereichen im Einsatz. Zuverlässig dienen sie beispielsweise als Antriebe für Pumpen, Ventilatoren oder Kompressoren. Als Querschnittstechnologie sind motorgetriebene Systeme in Europa für rund 70 % des industriellen Stromverbrauchs verantwortlich. Im Dienstleistungs- und Kleingewerbesektor benötigen sie knapp 40 % des Strombedarfs. Insgesamt entspricht dies über 800 Mrd. kWh pro Jahr. Damit beläuft sich die jährliche Kostenbelastung für die Unternehmen auf gut 56 Mrd. Euro. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass motorgetriebene Systeme häufig alles andere als energieeffizient betrieben werden. Überdimensionierte und ineffiziente Motoren und Systemkomponenten, stetig bei Vollast laufende Pumpen, Leckagen in Druckluftsystemen oder eine unzureichende Abstimmung von Leistungsangebot und -bedarf sind häufig anzutreffende Beispiele für einen ineffizienten Umgang mit Energie. Der Charakter einer Querschnittstechnologie verhindert – paradoxerweise – gleichzeitig die Wahrnehmung von Elektromotoren als wichtige Energieverbraucher. Bei fast allen dieser Systeme machen die Stromkosten mehr als zwei Drittel der gesamten Lebenszykluskosten aus, während das restliche Drittel auf Investition und Instandhaltung entfallen, Bild 1. Bereits nach etwa zwei Jahren übersteigen die Energiekosten die Anschaffungskosten des Systems.

2 Rentable Stromsparerpotentiale bleiben zu oft ungenutzt

Unternehmen könnten ihre Stromkosten mit Maßnahmen, die sich in weniger als zwei bis drei Jahren amortisieren, je nach Anwendungsbereich um bis zu 30 % senken. Einzelne Maßnahmen amortisieren sich dabei sogar

in wenigen Monaten. Diese Maßnahmen beinhalten dabei nicht nur den Einsatz optimaler Systemkomponenten, sondern insbesondere die optimale Auslegung der jeweiligen Gesamtsysteme. Wichtige technische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind zum Beispiel:

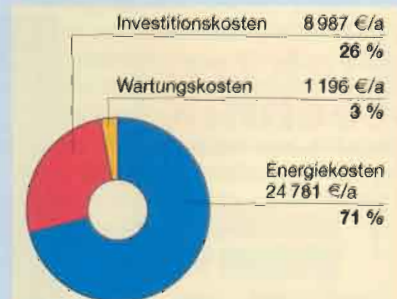
- der Einsatz hocheffizienter Motoren (Effizienzklasse EFF1 gemäß der Klassifikation)
- der Einsatz drehzahl geregelter Antriebe
- die Minimierung von Mengen- und Druckverlusten
- der Austausch überdimensionierter Anlagekomponenten

3 Energieeffizienz in Druckluftanlagen

Die Erschließung von Energieeinsparpotentialen im Betrieb sollte möglichst in den Berei-

chen beginnen, in denen hohe Potentiale vorhanden sind, die relativ einfach identifiziert und mit möglichst geringen Aufwendungen erschlossen werden können. Diese günstigen Rahmenbedingungen finden sich meistens im Bereich der Druckluftversorgung. Die sichere Versorgung mit Druckluft ist für alle Betriebe von höchster Bedeutung, da die Druckluft in vielen Bereichen, u. a. zum Blasen, Fördern, Steuern, Antreiben und Bewegen genutzt wird. Fällt die Druckluftversorgung des Betriebes aus, so kommt deshalb meistens die gesamte Produktion zum Erliegen, was zu erheblichen Folgekosten führt. Wird die Druckluftanlage energieeffizient betrieben, so lassen sich viele Störungen der Versorgung vermeiden, während gleichzeitig Energie und Kosten gespart werden.

Wie hoch die Einsparpotentiale in Deutschland sind zeigt Tafel 1. Das typische wirtschaftliche Einsparpotential in Druckluftanlagen beträgt etwa ein Drittel. Diese vielleicht



1 Aufteilung der Lebens-Zyklus-kosten einer Druckluftanlage

Bestimmung der Leckagemengen über die Kompressorlaufzeit

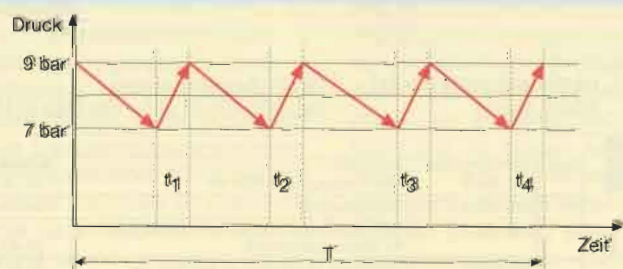
Während Zeiten der Betriebsruhe wird ein Kompressor in Betrieb genommen. Über einen längeren Zeitraum wird dann gestoppt, wie lange der Kompressor im Lastlauf (steigender Druck) und wie lange er im Leerlauf (fallender Druck) in einem Zeitintervall gearbeitet hat. Dabei sollten mehrere Zyklen zusammengefasst werden, um die Genauigkeit zu erhöhen. Mithilfe der gemessenen Zeiten und der Liefermenge des Kompressors nach Typenschild lässt sich dann die Leckagemenge wie folgt berechnen.

$$\dot{V}_L = \frac{\dot{V}_K \cdot t_{\text{Last}}}{T}$$

Dieses Verfahren lässt sich auch automatisieren, wenn die Daten der Kompressoren elektronisch erfasst werden.

$$\dot{V}_L = \text{Leckagemenge [m}^3/\text{min]}; \quad \dot{V}_K = \text{Liefermenge Kompressor [m}^3/\text{min]}$$

$$t_{\text{Last}} = \text{Zeit Kompressor belastet [min]}; \quad T = \text{Gesamtzeit des Messvorganges [min]}$$



Autor

Dr.-Ing. Peter Radgen ist Projektleiter der Abteilung Energiepolitik und Energiesysteme am Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Tafel 1 Maßnahmen zur Energie- und Kosteneinsparung in Druckluftanlagen in Deutschland

Energiesparmaßnahme	Anwendbarkeit	Effizienzgewinn	Gesamtpotential	Energieeinsparung	Einsparung bei 0,06 Euro/kWh
	%	%	%	GWh	Mio Euro/a
Einsatz hocheffizienter Motoren	25	2	0,5	56	-3,4
Einsatz drehzahlvariabler Antriebe	25	15	3,8	420	-25,2
technische Optimierung des Kompressors	30	7	2,1	235	-14,1
Einsatz effizienter und übergeordnete Steuerungen	20	12	2,4	269	-16,1
Wärmerückgewinnung für andere Funktionen	20	20	4,0	448	-26,9
Verbesserte Druckluftaufbereitung (Trocknung, Filterung)	10	5	0,5	56	-3,4
Gesamtanlagenauslegung inkl. Mehrdruckanlage	50	9	4,5	504	-30,2
Verminderung der Druckverluste im Verteilsystem	50	3	1,5	168	-10,1
Optimieren von Druckluftgeräten	5	40	2,0	224	-13,4
Verminderung der Leckageverluste	80	20	16	1792	-107,5
häufiger Filterwechsel	40	2	0,8	90	-5,3

auf den ersten Blick überraschenden Zahlen wurden im Rahmen der Kampagne Druckluft effizient erneut bestätigt. Im Rahmen einer umfangreichen Messkampagne wurden in den untersuchten Betrieben Einsparpotentiale zwischen 10 und 80 % identifiziert. Wie die Zusammenstellung zeigt, liegen die größten Einsparpotentiale im Bereich der Leckagen.

4 Kostenfaktor Leckage wird häufig falsch eingeschätzt

Häufig gehen noch immer 20 bis 70 % der im Kompressor erzeugten Druckluft auf dem Weg zum Verbraucher verloren (Bild 2). In der Praxis scheint dies nur wenig zu stören, schließlich führt austretende Druckluft nicht zu Ölläusen am Boden. Allerdings werden die Kosten der Leckagen meist völlig falsch eingeschätzt. So verursacht bereits ein kleines Loch von 1 mm Durchmesser einen Luftverlust von 65 l/min, was zu jährlichen Kosten von ca. 200 Euro führt. Meist bleibt es natürlich nicht bei einer Leckstelle, und so summieren sich die Kosten der Leckagen schnell auf vierstellige Beträge. Dabei lassen sich viele Leckagen allein durch die Geräusche erkennen, und häufig hilft das Nachziehen einer Verschraubung die Leckage zu beseitigen. Ist der Geräuschpegel im Betrieb zu hoch, so können Ultraschall Lecksuchgeräte eingesetzt werden. Da die ausströmende Luft Geräusche im Ultraschallbereich verursacht, können Leckagen mit diesen Geräten auch in lauten Umgebungen einfach gefunden werden. Leckagen treten dabei meist im letzten Drittel der Druckluftverteilung auf, häufig an Verschraubungen, Anschlussschläuchen, Wartungseinheiten, Zylindern oder Druckluftkupplungen. Auch defekte Kondensatableiter können die Ursache größerer Leckagen sein. Die Bestimmung der Leckagemenge im Betrieb lässt sich dabei relativ genau ohne größeren Aufwand durch den Betrieb ermitteln (siehe Kasten)

5 Rückgewinnung der Kompressionswärme

Ein zweiter großer Bereich in dem viel Energie verschwendet wird ist die fehlende Wärmerückgewinnung. Aufgrund der Thermodynamik fällt zwangsweise bei der Verdichtung der Luft eine erhebliche Wärmemenge an. Bild 3 zeigt das Energieflussdiagramm eines Schraubenverdichters mit Öleinspritzung. Deutlich ist zu erkennen, dass nur ein kleiner Teil der zugeführten elektrischen Energie tatsächlich in der Druckluft steckt, der größte Teil geht dagegen mit der Wärme verloren.

Dabei muss diese Wärme nicht verloren sein, denn mit einer Temperatur im Bereich von bis zu 75 °C lässt sich diese Wärme zur Beheizung oder zur Erzeugung von Warmwasser nutzen. Auf diese Weise können etwa 74 % der elektrischen zugeführten Leistung wenigstens noch als Wärme genutzt werden. Am einfachsten kann die Nutzung erfolgen, wenn die warme Abluft des Kompressors in den Wintermonaten in die benachbarten Hallenbereiche geblasen wird. Eine bessere Ausnutzung erreicht man jedoch durch die Einbindung der Abwärme in die Warmwassererzeugung oder in Prozesse, da in diesem Fall die Abwärme ganzjährig genutzt werden kann. Bei der Beschaffung eines neuen Kompressors führt die Vorbereitung zur Wärmerückgewinnung nur zu geringen Mehrkosten, jedoch auch die Nachrüstung bestehender Anlagen ist meist sehr wirtschaftlich. Bei der Nachrüstung wird in den Ölkreislauf des Verdichters ein Plattenwärmetauscher installiert, durch den die Wärme ausgekoppelt wird. Soll direkt Warmwasser erzeugt werden, so muss ein etwas teurerer doppelwandiger Sicherheitswärmeübertrager eingesetzt werden. Je nach Energiepreisen und Benutzungsstunden amortisiert sich der Einbau einer Wärmerückgewinnung meist nach zwei bis drei Jahren, und dann wird für viele weitere Jahre kostenlos weitergespart. Je nach Auslastungsgrad ist die

Rentabel



Der neue SMC 8000TL

Keiner amortisiert sich schneller

Über 98 % Wirkungsgrad und der niedrigste spezifische Preis am Markt garantieren Ihnen die derzeit schnellste Amortisation für Wechselrichter.

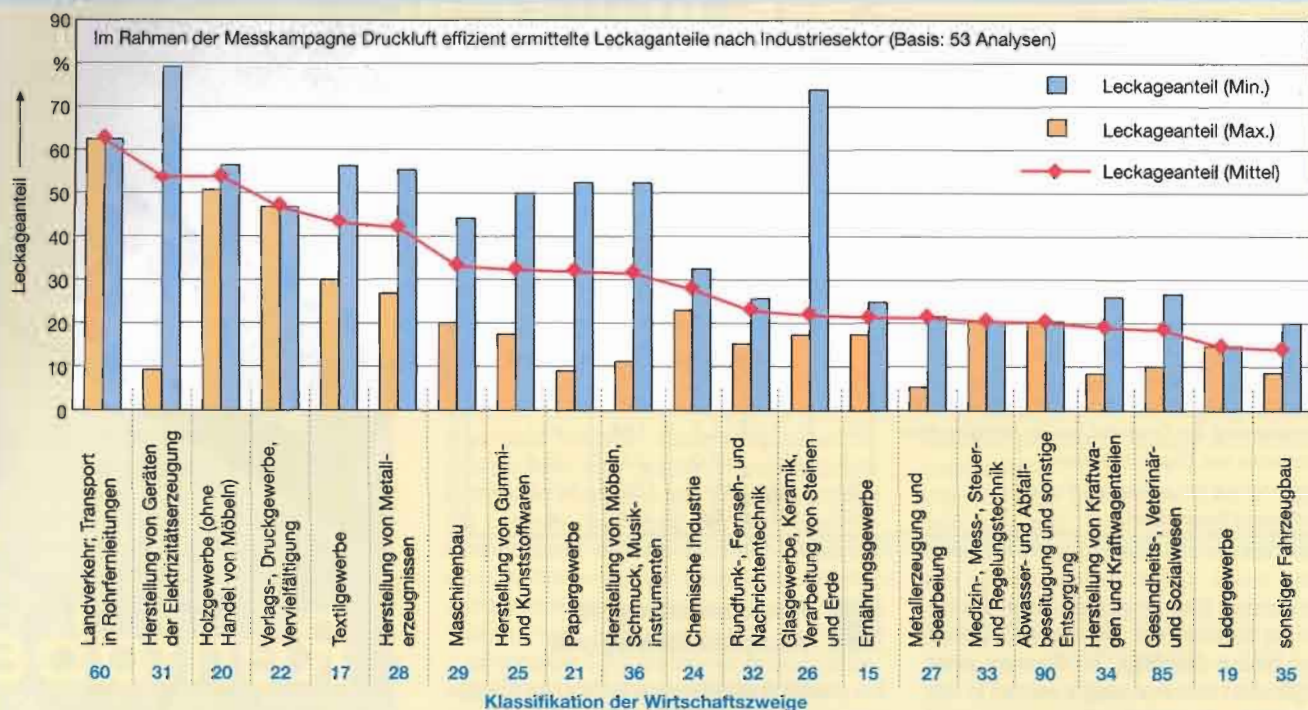
Abgestufte Leistungsklassen mit 8,7 und 6 kW sowie die freie Kombination aller Familienmitglieder gewährleisten höchste Flexibilität bei der Anlagenplanung.

Laden Sie das technische Datenblatt von unserer Website www.SMA.de und prüfen Sie noch heute die Vorteile des neuen SMC 8000TL.



Freecall 0800 SUNNYBOY
Freecall 0800 78669269
info@SMA.de





2 Druckluftleckagen in der Industrie

Quelle: Druckluft effizient, Fraunhofer ISI, Juli 2004

Anzeige

Ihre Aufstiegsfortbildung

in der Elektro- und Informationstechnik

INFOTAG

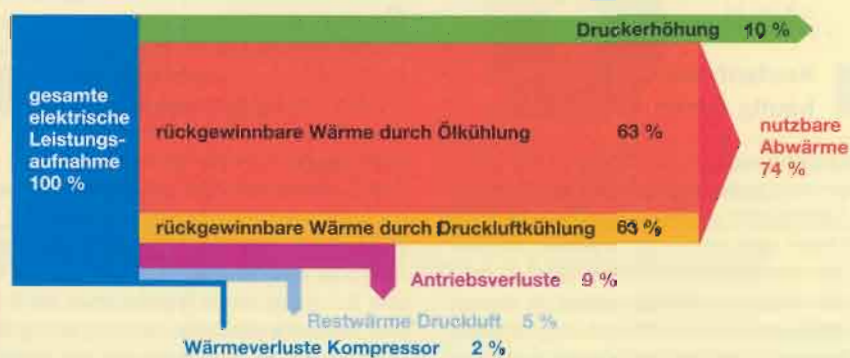
www.bfe.de

- Meisters Ausbildung (HWK) in allen Elektrohandwerken
- Meisters Ausbildung (Industrie) für Mechatronik
- Betriebswirt/in (HWK)
- Fachplaner/in für Elektro- und Informationstechnik
- Bachelor of Engineering (Elektrotechnik/Mechatronik)

Besuchen Sie uns.
Unsere erfahrenen Dozenten beraten Sie gerne, individuell und kompetent.

am ersten Samstag im Monat um 10.30 Uhr

Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik e.V.
Donnerschweer Straße 184
26123 Oldenburg
Tel. 0441/34092-0
eMail: info@bfe.de · www.bfe.de



3 Energieflussdiagramm eines Druckluftkompressors mit Öleinspritzung

Ausstattung des Spitzenlastkompressors mit einer Wärmerückgewinnung ggf. nicht sinnvoll, Grundlastkompressoren sollten aber immer mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer Wärmerückgewinnung wird im Rahmen der Schweizer Druckluft Kampagne (www.druckluft.ch) in Kürze ein einfaches Berechnungswerkzeug zur Verfügung stehen.

6 Steuerung gleicht Bedarf und Erzeugung aus

Zur Druckluftversorgung kommen meist mehrere Kompressoren unterschiedlicher Größe gleichzeitig zum Einsatz. Aufgrund des schwankenden Druckluftbedarfs im Betrieb ist es Aufgabe der Steuerung, Druckluftherzeugung und Druckluftbedarf auszugleichen. Dazu

müssen die Kompressoren angesteuert werden. Die einfachste Art der Steuerung erfolgt über zwei Druckschalter für jeden einzelnen Kompressor. Bei Erreichen eines oberen Grenzdruckes wird der Kompressor abgeschaltet, bei Erreichen eines unteren Grenzdruckes wird er wieder zugeschaltet. Dabei muss die Druckdifferenz zwischen beiden Schaltepunkten mindestens 0,5 bar betragen. Die Schaltbereiche der einzelnen Kompressoren müssen sich zudem überlappen, wobei ein Mindestabstand von 0,3 bar erforderlich ist. Die Steuerung mit Hilfe von Druckschaltern führt somit zu einem breiten Druckband und dem häufigen Betrieb bei hohem Druck. Dabei führt die Überverdichtung pro 1 bar zu einem zusätzlichen Energieverbrauch von ca. 6-8 %. Wesentlich geeigneter ist deshalb der Einsatz einer modernen übergeordneten Steuerung, die eine Vielzahl von Kompressoren in einem Druckband von 0,5 bar steuern kann. Dies ist

zwar ein großer Fortschritt, setzt aber voraus, dass die Kompressoren in Bezug auf ihre Größe in Grundlast, Mittellast und Spitzenlast aufgeteilt sind. Bei der Stufung ist zudem zu beachten, dass kein „Regelloch“ auftritt. Dies muss auch berücksichtigt werden, wenn ein drehzahl geregelter Kompressor zum Einsatz kommt. Bei drehzahl geregelten Kompressoren kann die Liefermenge in einem weiten Bereich (meist zwischen 30 und 100 % der Liefermenge) geregelt werden. Gerade im Teillastbereich zeigen diese deshalb ihre Stärke, während normale Kompressoren zwischen Last- und Leerlauf schalten müssen. Damit eine einwandfreie Regelung der Gesamtanlage erfolgen kann, muss der Regelbereich (Unterschied zwischen der minimalen und der maximalen Liefermenge) des drehzahl geregelten Kompressors stets größer als die Liefermenge des kleinsten schaltenden Kompressors sein. Ist dies nicht der Fall, tritt ein Regelloch auf, was zu einem deutlich erhöhten Verschleiß an der Anlage und zu einem unnötigen Energiemehrverbrauch führt. Ob eine Steuerung gut arbeitet, lässt sich meist einfach durch das Ablesen der Betriebs- und Laststundenzähler der Kompressoren erkennen. In modernen Steuerungen sind entsprechende Auswertefunktionen integriert. Der Leerlaufanteil (A_{Leerlauf}) der Kompressoren nach Gleichung 1, d. h. das Verhältnis von Leerlaufstunden zur gesamten Betriebszeit sollte in der Regel niedriger als 15 % sein.

$$A_{\text{Leerlauf}} = \frac{\text{Betriebsstunden} - \text{Laststunden}}{\text{Betriebsstunden}} \quad (1)$$

Höhere Leerlaufanteile sorgen für vermeidbare Betriebskosten. Weitere Informationen zu diesem und weiteren Themen zur Optimierung von Druckluftanlagen findet man in den Druckluft Fakten, die im Rahmen der Kampagne „Druckluft effizient“ erstellt wurden (www.druckluft-effizient.de/fakten/).

7 Druckluft Benchmarking

Schwachstellen gibt es im Bereich der Druckluftanlagen viele, doch häufig fehlen das Wissen über die Einsparpotentiale oder die Anreize, da unbekannt ist, wie gut eine Anlage denn sein könnte. Hier hilft die Teilnahme am kostenfreien Druckluft Benchmarking. Anhand einer Vielzahl von Kennzahlen kann die eigene Druckluftanlage auf

4 Kennzahl Lastanteil Druckluftstation



anonymisierter Basis mit den Druckluftanlagen von anderen Unternehmen der gleichen Branche verglichen werden. Das Benchmarking kann über die Internetseite der Schweizer Druckluftkampagne www.druckluft.ch/benchmarking/ genutzt werden. Nach der Anmeldung und der Eingabe von Daten zum Unternehmen und zur eigenen Druckluft-erzeugung kann sowohl der Verlauf der eigenen Druckluft spezifischen Kennzahlen analysiert werden als auch der Kennzahlenvergleich mit anderen Unternehmen erfolgen. In Abhängigkeit von den eigenen Kennzahlen und den Vergleichswerten vergleichbarer Unternehmen liefert das System zudem konkrete Optimierungsvorschläge. Bild 4 zeigt das Ergebnis für die Kennzahl „Lastanteil Druckluftstation“. Im optimalen Fall läuft die Drucklufterzeugung mit nahezu 100 % Lastanteil, typischerweise ist dieser jedoch deutlich niedriger. In der Abbildung steht dabei jeder blaue Balken für den Wert eines Unternehmens, der rote Balken steht für die Kennzahl des eigenen Unternehmens. Zusätzlich eingezeichnet ist der Mittelwert (MW) und der Mittelwert der Besten (MB). Als Mittelwert der Besten wird dabei der Durchschnitt aller Werte bezeichnet, die besser als der Mittelwert sind. Unschwer ist in der Abbildung zu erkennen, dass in diesem Unternehmen (roter Balken) Handlungsbedarf besteht.

Zur Unterstützung bei der Optimierung von Motorsystemen steht den Anwendern eine breite Palette von Hilfsmitteln zur Verfügung. Neben den im Rahmen der Kampagne Druckluft effizient entwickelten Unterlagen, finden Anwender über die Internetseiten des Promot Projektes der EU viele hilfreiche Informationen. So findet sich auf den Seiten unter www.eu-promot.org unter anderem eine Software zur Analyse der Energieeinsparpotentiale durch den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen. Dabei kann das Profil der Fördermengen individuell nach den eigenen Randbedingungen vordefiniert werden. Für den Bereich der Kälteanlagen steht

eine umfangreiche Anlagendatenbank zur Verfügung, mit deren Hilfe die Kenndaten verschiedener Kälteanlagen verglichen werden können. Über eine Berechnung kann die jährliche Kosteneinsparung durch Austausch einer vorhandenen Anlage oder durch Auswahl einer effizienten Anlage bei der Beschaffung ermittelt werden. Zusätzlich steht eine Software zur Analyse von Elektromotoren zur Verfügung. Diese Software enthält eine Datenbank mit den Motoren vieler Hersteller. Mit Hilfe einer Suchfunktion lassen sich verfügbare Motoren nach Leistung, Schutzklasse und Polzahl selektieren und nach Wirkungsgrad sortieren. So kann schnell und einfach immer ein Hocheffizienzmotor ausgewählt werden.

8 EU-Motor-Challenge

Häufig werden diese rentablen Stromsparmaßnahmen nicht umgesetzt, da Unternehmen den Motorsystemen als Stromverbrauchern nicht genügend Aufmerksamkeit widmen. Die EU-Kommission unterstützt interessierte Unternehmen bei der Realisierung der Einsparpotentiale im Rahmen des Motor Challenge Programms (www.motor-challenge.de). Unternehmen, die an diesem Programm teilnehmen, können Strom einsparen, Kosten senken, die Qualität und Zuverlässigkeit ihrer Motor getriebenen Systeme erhalten oder gar verbessern und darüber hinaus ihr Engagement für den Schutz der Umwelt öffentlichkeitswirksam demonstrieren. Partnerunternehmen setzen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz um und erhalten dabei unterstützende Beratung durch die nationale Kontaktstelle.

Literatur

- [1] Radgen, P., Blaustein, E.: Compressed Air Systems in the European Union, LOG_X Verlag, Stuttgart, 2001 (www.isi.fraunhofer.de/e/publikation/c-air/compressed-air.htm)

Anzeige



SOLTECH Montagesysteme

für alle Modultypen
und Montagesituationen

Soltech GmbH
Rachheide 12
33604 Bielefeld
Tel.: 05206-920550
Fax 05206-920551
info@solartechniken.de
www.solartechniken.de