

Energiesparpotenziale bei elektrischen Motoren

Mit Drehzahlregelungen und der Optimierung von Antriebssystemen lassen sich bis zu 20% Energie einsparen

Elektrische Motoren bergen ein beachtliches Energiesparpotenzial: Nahezu die Hälfte der gesamten Elektrizität wird in der Schweiz von Motoren verbraucht. Je nach Anwendung können davon mit den heutigen Technologien 10% bis 30% eingespart werden. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass sich durch die Erhöhung des Wirkungsgrads der Motoren etwa 3% Strom einsparen lassen. Weitaus grössere Einsparpotenziale lassen sich jedoch durch Drehzahlregelungen – etwa 10% – und durch die Optimierung des gesamten Antriebssystems – über 20% – erzielen [1,2].

Stellvertretend für viele Betriebe hat das Bundesamt für Energie (BFE) einen der grössten Schweizer Stromverbraucher, die Lonza-Werke in Visp, untersucht. Der Betrieb verbraucht jährlich 400 GWh Strom. Dies entspricht fast 1%

Von Christa Rosatzin-Strobel

des gesamten Schweizerischen Stromverbrauchs.

94% des in den Lonza-Werken verbrauchten Stroms fliesst in Elektromotoren, die vor allem Pumpen und Kompressoren antreiben (Bild 1). Die Untersuchungen bei der Lonza haben gezeigt, dass in allen Anlagen ein beachtliches Sparpotenzial besteht, das wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden kann. Bei kontinuierlich laufenden Anlagen mit kleinen elektrischen Energieverbrauchern könnten 10% bis 30% Strom gespart werden. Anlagen mit grossen Verbrauchern bergen ein Potenzial von 5% bis 20%.

Nutzen lässt sich das Potenzial vor allem durch zwei Massnahmen: die optimale Auslegung der Motoren und die Reduktion der Betriebszeiten. Will man Mo-

toren effizient betreiben, muss ihre Leistung optimal dimensioniert werden. Denn der Wirkungsgrad ist abhängig von der Auslastung: Wird ein Motor mit 75% oder mehr belastet, ist sein Wirkungsgrad annähernd konstant. Bei einer Belastung unterhalb 50% sinkt der Wert jedoch beträchtlich. Wird zum Beispiel ein 50-kW-Elektromotor mit einer durchschnittlichen Last von 30% durch einen 20-kW-Motor ersetzt, beträgt die jährliche Stromeinsparung rund 25% der Anschaffungskosten des neuen Motors. Die Amortisationszeit beträgt damit nur vier Jahre.

Motoren effizient betreiben mit Frequenzumformern

In der Lonza treiben mehr als drei Viertel aller Elektromotoren Pumpen und Kompressoren an und verbrauchen dazu 47% des Stromes, der auf die Elektromotoren fällt (94% des Gesamtstromverbrauchs der Werke). Bei diesen Anlagen ist die Reduktion der Betriebszeit die effizienteste Sparmassnahme (Bild 2). Oft laufen vor allem kleinere Stromverbraucher im Dauerbetrieb, denn damit kann auf eine entsprechende Steuerung verzichtet werden. Zudem erfüllen Pumpen oder Kompressoren oft mehrere verschiedene Aufgaben. Die Pumpe eines Rühr-



Bild 1 Hohes Sparpotenzial bei Sägereibetrieben

Sägereibetrieb Schilliger: Die Untersuchung des BFE ergab ein Sparpotenzial von 120 000 Franken pro Jahr.



Bild 2 Hauptkonsument: Elektromotoren

Die Lonza verbraucht jährlich 400 GWh Strom. 94% davon fließen in Elektromotoren, die vor allem Pumpen und Kompressoren antreiben.

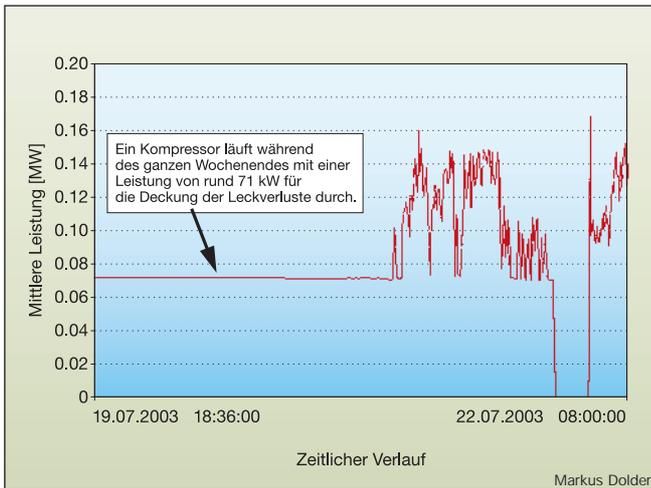


Bild 3 Leistung aller Druckluftkompressoren bei Schilliger Holz AG
 Dargestellt ist der Mittelwert der Leistung aller Druckluftkompressoren bei der Schilliger Holz AG in der Zeit vom 19. bis 22. Juli 2003. Die Kompressoren wurden zur Ermittlung der Leckverluste bewusst laufen gelassen.

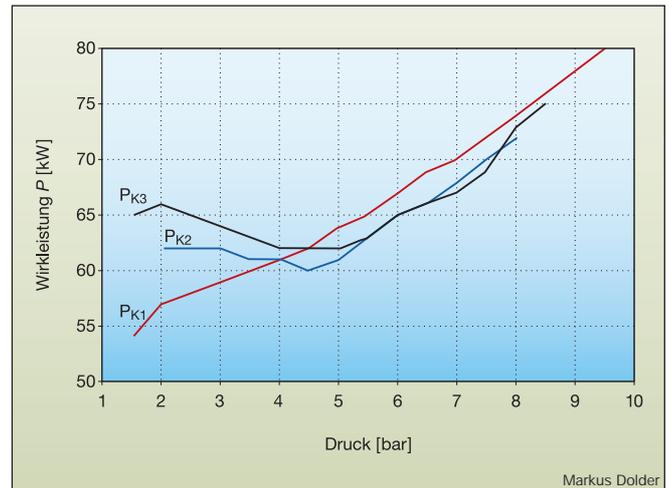


Bild 4 Aufgenommene gemessene Wirkleistung von drei Kompressoren in Abhängigkeit des Behälterdrucks
 Messungen bei der Schilliger Holz AG

werks wird beispielsweise während 95% der Zeit mit einer kleinen Fördermenge zur Durchmischung und während 5% der Zeit mit einer grossen Fördermenge zur Füllung betrieben. Durch den Einbau zusätzlicher Anlagenteile, etwa einer zweiten kleineren Pumpe, könnte die Betriebszeit der bestehenden, grösseren Pumpe deutlich reduziert werden.

Elektromotoren, die regelmässig im Teillastbetrieb laufen, können mit Frequenzumformern effizient betrieben werden. Bei dieser Art der Ansteuerung arbeitet der Motor jederzeit bei einer exakt vorgegebenen und optimalen Drehzahl und damit mit einem guten Wirkungsgrad. Zudem läuft der Motor sanft an, was die Wartungskosten seitens der Mechanik reduziert. Frequenzumformer bergen ein beachtliches Einsparpotenzial und sind damit auch interessant für das Programm EnergieSchweiz, zu dessen Schwerpunkten in der zweiten Halbzeit der Bereich «Energieeffiziente Geräte und Motoren» des BFE gehört. Das BFE entwickelt zurzeit ein Aktionsprogramm für den Bereich und zieht in Erwägung, Frequenzumformer als ein Schwerpunktthema darin aufzunehmen (siehe auch das nachfolgende Interview mit Roland Brüniger).

Optimale Dimensionierung bei der Auslegung von Antriebssystemen

Bei bestehenden Anlagen bedeutet die Umsetzung von Energiesparmassnahmen oft einen beachtlichen Aufwand. In der Lonza müssten für jeden Franken Reduktion an jährlichen Stromkosten einmalig

ein bis zwei Franken Engineering-Leistung aufgebracht werden. Zeitmangel, ungenügendes methodisches Vorgehen und mangelndes Fachwissen führen dazu, dass die Sparpotenziale oft nicht genutzt werden. Die Lonza hat darauf reagiert und eine neue Stelle «Energie-Challenging» geschaffen. Zu den Aufgaben des Spezialisten gehören die Verbesserung der Energieeffizienz bei bestehenden Anlagen sowie die aktive Unterstützung bei der Auslegung von Neuinstallationen.

Unterstützung bei der Planung bieten auch die Hilfsmittel des BFE wie Muster-ausschreibungen (in Bearbeitung) oder das Softwarewerkzeug ProMot, das zurzeit in einer internationalen Kooperation entwickelt wird. Das Werkzeug erlaubt es den Betreibern von Antriebssystemen, ihre Anlagen auf Energieeffizienz zu prüfen und erleichtert die Ausarbeitung von Verbesserungsvorschlägen.

Entscheidend ist, dass Betrieb und Einkauf vertieft zusammenarbeiten. Denn gerade in grösseren Industriebetrieben mit einem ausgewiesenen, periodischen Bedarf an Motoreinheiten ist der Einkauf meist zentralisiert mit dem Ziel, Motoren und Antriebssysteme möglichst kostengünstig einzukaufen. Nicht selten werden Betrieb und Unterhalt aus einem separaten Budget bestritten und deshalb bei der Beschaffung nur ungenügend berücksichtigt. Vollkostenrechnungen zeigen jedoch, dass bei einem Motor mit einer Lebensdauer von 12 bis 20 Jahren über 90% der Gesamtkosten auf die Stromkosten fallen. Das BFE hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, die Betriebe auf ein Life-Cycle-Cost-Management zu sensibilisieren. Dazu erarbeitet eine Pro-

jektgruppe einfache Hilfsmittel und Musterausschreibungen, die bei der Auswertung von Offerten die Kosten über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage betrachten. Gewerbe- und Industriebetriebe können damit ohne grossen Aufwand Vollkostenrechnungen von Antriebssystemen erstellen.

Hoher Stromverbrauch auf Grund von Leckagen in Druckluftsystemen

Neben Antrieben bergen Druckluftsysteme ein beachtliches Sparpotenzial. Ein gutes Beispiel ist der Sägereibetrieb Schilliger Holz AG in Haltikon. Die Untersuchungen des BFE ergaben ein Sparpotenzial von insgesamt 120 000 Franken pro Jahr. Dies entspricht 17% des jährlichen Gesamtstromverbrauches der Sägerei. Davon entfallen 480 MWh – bzw. 50 000 Franken – auf die Druckluftsysteme. Die mittlere Amortisationszeit der nötigen Massnahmen beträgt dabei nur 2,7 Jahre.

Hauptursache der hohen Stromkosten sind die Lecks in den Druckluftsystemen (Bilder 3 und 4). Laut den Messungen des BFE gehen von der erzeugten Druckluft 65% verloren. Die Lecks befinden sich oft innerhalb von Maschinen an den Druckluftzylindern oder an den Ventilen und treten manchmal nur in bestimmten Betriebszuständen auf. Eine Faustregel besagt, dass Druckluft, die laufend aus einem Loch von einem Millimeter Durchmesser strömt, Mehrkosten von 1000 Franken jährlich verursacht. Neben der Reparatur der Leckstellen lohnt es sich, den Druck bei der Erzeugung und

Verteilung zu verringern. Bei der Schilliger Holz AG bringt eine Absenkung von 8,3 bar auf 7,5 bar bereits eine Einsparung von 15%. Zudem sollte die Druckluftterzeugung bedarfsgerecht gesteuert werden. Es ist von Vorteil, das Leitungssystem in Zonen mit automatischen Absperrklappen zu unterteilen, sodass nur diejenigen Zonen versorgt werden, die gerade Druckluft brauchen. Nicht zu unterschätzen ist der Einfluss des Personals: Die Mitarbeitenden müssen informiert und sensibilisiert werden. Das Erkennen, Melden und Beheben von Leckagen sollte zur Aufgabe jedes Einzelnen gehören.

BFE lanciert Druckluftkampagne

Der Sägereibetrieb Schilliger steht stellvertretend für die gesamte Schweizer Sägereibranche. Geht man von einem Einsparpotenzial von 10% bis 20% pro Betrieb aus, ergibt sich für die gesamte Branche ein Potenzial von rund 16 GWh jährlich.

In der ganzen Schweiz könnten mit energieeffizienten Druckluftanlagen theoretisch sogar 300 GWh – praktisch 100 GWh – Strom pro Jahr eingespart werden. Die 150 000 Druckluftanlagen verbrauchen jährlich rund 750 GWh Elektrizität, was etwa 1,5% des nationalen Stromverbrauchs ausmacht. Tendenziell kann festgestellt werden, dass grössere Druckluftanlagen einen überproportionalen Stromverbrauch aufweisen und damit auch grössere und wirtschaftlichere Energiesparmassnahmen bieten. Die etwa 10 000 grösseren Druckluftanlagen (ab 15 kW Kompressorleistung) verbrauchen rund 80% des Druckluftstromes in der Schweiz. Für die Betreiber dieser Anlagen fallen jährliche Stromkosten für Druckluft von über 5000 Franken an, was kurze Amortisationszeiten für Energiesparmassnahmen ermöglicht.

Diese Zahlen haben das BFE veranlasst, im Rahmen des Aktionsprogramms EnergieSchweiz eine nationale Druckluftkampagne zu starten. Die Kampagne setzt auf die Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen, die in der Druck-

lufttechnik tätig sind. Ziel ist es, Optimierungsmassnahmen in die Praxis umzusetzen und damit einen Beitrag zur Kostensenkung und Energieeinsparung zu leisten. Industrie- und Gewerbebetriebe sollen über das Stromsparpotenzial informiert und für einen effizienten Einsatz von Druckluft sensibilisiert werden.

Interview

mit Roland Brüniger, Leiter des Forschungsprogramms Elektrizität des Bundesamts für Energie

Roland Brüniger, welchen Stellenwert nimmt der Bereich Elektrizität innerhalb des Programms EnergieSchweiz ein?

Vom Verbrauch und der Effizienz her betrachtet wird der Brennstoff-, der Treibstoff- und der Elektrizitätsverbrauch mit jeweils einem Drittel gewichtet. EnergieSchweiz hat für die zweite Halbzeit des Programms den Bereich «Energieeffiziente Geräte und Motoren» als einen von mehreren Schwerpunkten definiert und wird diesen mit eigenständigen Aktionsprogrammen umsetzen. Dies soll helfen, das ehrgeizige Ziel von EnergieSchweiz zu erreichen: Der Stromverbrauch soll in den Jahren 2000 bis 2010 um nicht mehr als 5% wachsen.

Welche Aktivitäten sind im Rahmen des Aktionsprogramms geplant?

Eine erste Aktion ist die dreijährige Kampagne «Effiziente Druckluft», die Ende 2005 gestartet wird. Das Bundesamt für Energie (BFE) setzt dabei auf die Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen und Wirtschaftsverbänden, die im Bereich Druckluft tätig sind. Gemeinsam sollen Massnahmen zur Effizienzsteigerung von Druckluftanlagen umgesetzt werden. Als zweite Aktion zieht das BFE Informationsarbeit und Massnahmen in Betracht, um den Einsatz von Frequenzumrichtern und die Optimierung gesamtter Antriebssysteme zu fördern.

Das BFE-Forschungsprogramm Elektrizität wurde 1990 gestartet. Was konnte in dieser Zeit erreicht werden?

Neben anderem konnte im Forschungsprojekt «Integraldrive» ein effizienter Antrieb entwickelt werden, zu dessen Vermarktung ein Unternehmen gegründet wurde, das heute über 20 Mitarbeiter beschäftigt. Wir konnten zudem die Grundlagen für mehrere Vereinbarungen erarbeiten, die den Einsatz effizienter Geräte fördern. Auch die Etablierung eines anerkannten Kompetenzzentrums im Bereich Energie und Informations-

Motoren der Effizienzklasse 1 sind wirtschaftlich

Drehstrommotoren im Leistungsbereich zwischen 1,1 und 90 kW (ausschliesslich zwei- und vierpolige Motoren) werden in Europa seit einigen Jahren in drei so genannte Effizienzklassen eingeteilt. Zur Klassifizierung wurden drei Grenzkurven festgelegt. Die Hersteller bescheinigen durch Herstellererklärungen die Einhaltung der geforderten Grenzwerte.

In den meisten Fällen lohnt es sich, Motoren der besten Effizienzklasse EFF1 einzusetzen. Die Mehrkosten bei der Anschaffung sind in der Regel in maximal drei Jahren amortisiert, wie folgendes Rechenbeispiel für einen Elektromotor eines Ventilators zeigt.

Daten des Antriebssystems

Benötigte Antriebsleistung: $P_{\text{mech}} = 19 \text{ kW}$

Nennleistung des Elektromotors: $P_N = 22 \text{ kW}$

Daraus ergibt sich eine mittlere Auslastung (A_{mittel}) des Motors von 86% ($A_{\text{mittel}} = P_{\text{mech}}/P_N$)

Betriebsdauer: 10 Stunden pro Werktag. Dies entspricht 2500 Stunden pro Jahr.

Kosten für Energie: 0,15 Fr./kWh

Kosten für Leistung: 63,60 Fr./kW und Jahr

	EFF 1	EFF 2
Wirkungsgrad bei 86% Auslastung*	92,6%	91%
Leistungsaufnahme	20,52 kW	20,88 kW
Energieverbrauch pro Jahr	51,3 MWh	52,2 MWh
* gemäss Herstellerangaben		

Für zwei handelsübliche Motoren aus den Effizienzklassen EFF1 und EFF2 ergeben sich die in der Tabelle angegebenen Werte.

Daraus rechnen sich folgende Kosteneinsparungen pro Jahr bei der Energie von $900 \text{ kWh} \times 0,15 \text{ Franken} = 135,- \text{ Franken}$ sowie bei der Leistung von $0,36 \text{ kW} \times 63,60 \text{ Franken} = 22,90 \text{ Franken}$.

Die totale Kosteneinsparung pro Jahr beläuft sich damit auf 157,90 Franken. Mit den Mehrkosten des Motors EFF1 gegenüber seinem Pendant aus der Klasse EFF2 von 289 Franken ergibt sich eine Amortisationszeit von nur gerade 1,83 Jahren¹⁾.



Oerlikon Journalisten

Bild 5 Forschungsprogrammleiter Roland Brüniger
 Roland Brüniger leitet seit 1990 das Forschungsprogramm «Elektrizität» des Bundesamts für Energie. Darin bilden Motoren seit Beginn an einen thematischen Schwerpunkt.

und Kommunikationstechnik ist ein Erfolg. Daneben gibt es etliche weitere Erfolgsprojekte.

Im Dezember 2004 unterzeichnete swissT.net (vormals Schweizer Automatik Pool, SAP) mit dem BFE eine freiwillige Vereinbarung zur sukzessiven Steigerung des Marktanteils von effizienten Motoren.

Wie gelang es, die Industrie zu überzeugen?

Die Schweizer Industrie hat sich relativ schnell bereit erklärt, einen Beitrag zu leisten – unter anderem, weil die EU damals bereits eine entsprechende Vereinbarung vorzeigte. Wir sind sogar weitergegangen als die EU und haben ein ambitioniertes Ziel definiert. Der Marktanteil effizienter Motoren soll von 8% im Jahr 2003 auf 19% im Jahr 2009 ansteigen. Die damit verbundenen Einsparungen werden auf etwa 43 GWh geschätzt, was dem Haushaltsstromverbrauch der Stadt Aarau entspricht.

Welche Ziele verfolgt das Motor Challenge Programm?

Das Motor Challenge Programm ist ein freiwilliges Programm der Europäischen Kommission, das Industrieunternehmen helfen soll, die Effizienz ihrer Antriebssysteme zu verbessern. Die Teilnahme ist für jedes Unternehmen offen, das etwas zu den Zielen des Programms beitragen möchte. Firmen, die Motorgetriebene Systeme benutzen, beteiligen sich als «Partner». Unternehmen, die Ausrüstungen und Dienstleistungen liefern oder auf andere Weise unterstützend wirken, können Challenge «Endorser» werden. Mit der Teilnahme verpflichten sich die Firmen, die Effizienz ihrer Antriebssysteme zu verbessern. Dafür erhalten sie eine öffentliche Anerkennung von der Europäischen Union.

Die Schweiz hat bereits bei einem entsprechenden Pilotprojekt mitgemacht und engagiert sich wiederum aktiv beim jetzt lancierten EU-Programm. In der Schweiz wurde deshalb im Jahr 2003

eine entsprechende Landesorganisation etabliert. Sie bietet eine Informations- und Kommunikations-Plattform, die seit anfangs 2004 im Aufbau ist. Zudem werden konkrete Dienstleistungen wie Engineering, Beratung und unterstützende Instrumente angeboten. Im Rahmen des Programms wird zum Beispiel das Effizienzsteigerungspotenzial eines Labors und eines Bürogebäudes der Novartis in Basel untersucht.

Referenzen

- [1] M. Dolder, I. Wyrsch: Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb. Bundesamt für Energie, 2005. Bezug: www.electricity-research.ch.
- [2] S. Troger: Einsparpotenzial an elektrischer Energie bei Motoren und Antrieben in der Lonza. Bundesamt für Energie, 2002. Bezug: www.electricity-research.ch.

Links

Informationen zum Forschungsprogramm Elektrizität des BFE: www.electricity-research.ch
 Webseite des Bundesamtes für Energie (BFE): www.energie-schweiz.ch
 Informationen zur nationalen Druckluftkampagne: www.druckluft-effizient.ch
 Das Motorchallenge-Programm der Schweiz: www.motorchallenge.ch

Angaben zur Autorin

Christa Rosatzin-Strobel, dipl. El.-Ing. ETH, ist seit 2003 bei der Oerlikon Journalisten AG als Wissenschaftsjournalistin tätig.
 Oerlikon Journalisten AG, 8050 Zürich,
rosatzin@fachjournalisten.ch.

¹ Quelle: Ingenieurbüro Dolder, Luzern, www.dolder-ing.ch