

Schlussbericht **September 2002**

Druckluftoptimierung in einer Weberei

ausgearbeitet durch

Rolf Gloor
Gloor Engineering
7434 Sufers

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

<u>Zusammenfassung</u>	4
<u>Résumé</u>	4
<u>Abstract (english)</u>	4
<u>1. Ausgangslage, Vorgehen</u>	5
<u>2. Anlagenbeschreibung</u>	5
<u>3. Vorgehensweise und Messungen</u>	6
<u>4. Kontrollmessungen</u>	8
<u>5. Ausblick</u>	11
<u>6. Quellenverzeichnis</u>	12
<u>7. Anhang (Fachartikel)</u>	13

Zusammenfassung

In Druckluftanlagen stecken rentable Möglichkeiten zur Einsparung von Energie. In der untersuchten Weberei wurde mit einer Lastgangmessung festgestellt, dass der Kompressor Tag und Nacht zwischen 27 und 31 kW Leistung aufnimmt. Die systematische Suche nach den entsprechenden Druckluftverbrauchern führte zu einem Produktionsraum voller Lecks, welche 75% des Kompressorstromverbrauchs von rund 200'000 kWh/a verursachen.

Im Websaal hört man bei abgeschalteten Maschinen aus zahlreichen Druckluftanschlüssen die Luft entweichen. Durch die andauernden Maschinenvibrationen sind die Steckkupplungen undicht geworden. Während der Produktionszeit ist es im Websaal so laut, dass kein Zischen zu hören ist. Bei Kontrollgängen ausserhalb der Produktionszeit hört man nichts, weil die Druckluftanlage abgestellt ist.

Dieses Beispiel zeigt, dass die Optimierung von Druckluftanlagen bei den Verbrauchern beginnen muss.

Résumé

Les possibilités profitables d'économie de l'énergie sont contenues dans les installations à air comprimé. Dans la tisseranderie examinée, on a constaté avec une mesure de cours de fret que le compresseur prend le jour et une nuit entre 27 et 31 kW puissance. La recherche systématique de consommateurs d'air comprimé correspondants a conduit à un secteur de fuites pleines qui 75% de la consommation d'énergie électrique de compresseur d'environ 200'000 kWh/a causent.

On entend s'échapper dans la tisseranderie pour des appareils mis hors circuit de nombreuses alimentations en air comprimé l'air. Par les vibrations d'appareil continues, les embrayages de mise sont devenus perméables. Pendant le temps de production, il est si bruyant dans la tissanderie qu'aucun siffler ne peut être entendu. Avec des cours de contrôle à l'extérieur du temps de production, on n'entend rien, parce que l'installation à air comprimé est arrêtée.

Cet exemple montre que l'optimisation des installations à air comprimé commence avec les consommateurs.

Abstract (english)

Compressed air units offer profitable possibilities for the saving of energy. In a weaving mill, a load course measurement showed that the daily and nightly power consumption of the compressor was between 27 and 31 kW. A systematic search for compressed air consumers causing the suspected air loss showed a production area full of leakages, which cause 75% of the compressor power consumption of approximately 200'000 kWh/a.

In the plant, the sound of escaping air can be heard, as soon as machines are switched off. Their origin are numerous compressor air ports. By the continuous machine vibrations their quick-connect couplers have become leaky. During production time, the noise level in the plant is so high that the sound of the escaping air cannot be heard. Checks outside of the production time do not help either, because the compressed air unit is turned off then.

This example shows that the optimisation of compressed air units must begin with the consumers.

1. Ausgangslage, Vorgehen

In der Schweiz beanspruchen Druckluftanlagen etwa 1,5% des nationalen Stromverbrauchs. Die Ergebnisse aus dem BFE Forschungsprojekt „Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz“ [1] werden in einem konkreten Fall angewendet.

In der Weberei Jenny Fabrics AG in Ziegelbrücke sollen Energiesparmöglichkeiten mit der Druckluftanlage gefunden, ausprobiert und kontrolliert werden. Die Ergebnisse und dazugehörigen Massnahmen sollen dokumentiert werden. Daraus sollen Fachartikel mit einfachen Tipps zur Optimierung von Druckluftanlagen erarbeitet werden. Diese werden dann in Fachmedien publiziert und sollen andere Betriebe zur Nachahmung animieren. Zusätzlich können die Ergebnisse direkt in die Energie-Modell-Gruppen des schweizerischen Textilverbandes einfließen, welche der Verfasser im Auftrag der EnAW moderiert.

2. Anlagenbeschreibung

Die Weberei Jenny Fabrics AG produziert während 6500 Stunden pro Jahr Baumwollgewebe. Die Druckluftanlage verursacht bei einer Leistungsaufnahme von 30 kW einen Stromverbrauch von rund 200'000 kWh pro Jahr, was etwa 5% des Bezuges an elektrischer Energie des Betriebes ausmacht. Die Druckluftanlage in der Weberei besteht im wesentlichen aus:

Druckluftverbraucher (Maschinen, Geräte, Anschlüsse)

- Diverse Maschinen und Geräte mit unbedeutendem Druckluftverbrauch in der Werkstatt
- Diverse Maschinen und zahlreiche unbenützte Anschlüsse in der Webereivorbereitung, Stoffkontrolle, Spedition, den Infrastruktur- und Lagerräumen
- 120 Greiferwebmaschinen im Websaal (Hersteller: Saurer, Sulzer und Dornier) mit geringem Luftbedarf für Fadeneinzug und Reinigung, welche 6 Tage pro Woche rund um die Uhr produzieren
- Lüftungsanlage für den Websaal mit diversen Pneumatikventilen für die Steuerung der Filtergutaustragung

Druckluftverteilung (Rohrleitung, Trocknung, Filter, Speicher)

- Druckluftbehälter 12 m³ im Raum der Stoffkontrolle mit einem ¾ Zoll Schlauchanschluss
- Ultrafilter und Schieber zu den 4 Hauptabgängen
- Kältetrockner Atlas Copco FD 90, elektrische Leistung 1,3 kW
- Automatisches Kondensatentwässerungssystem

Druckluftherzeugung (Kompressor, Steuerung, Infrastruktur)

- Schraubenkompressor, Nennleistung 30 kW, Reserve
- Schraubenkompressor Atlas Copco GA 30, Nennleistung 30 kW, Förderleistung 5,5 m³/min bei 7,5 bar Überdruck, Betriebsdauer 6 d/w, Jahrgang 1999, Schaltuhr (*siehe Abb. 1*)
- Luftkanal für Frischluft und Abwärmenutzung im Winter für die Beheizung der darüberliegenden Spedition

Die Weberei plant im Jahr 2002 eine Umstellung des Maschinenparks auf mehrere Luftwebmaschinen, was eine neue, viel leistungsfähigere Druckluftanlage erfordert. Schwerpunkt der Untersuchung wird somit nicht die vorhandene Druckluftherzeugung, sondern die Druckluftverteilung und die Druckluftverbraucher.



Abb. 1) Im Vordergrund der neue 30-kW-Schraubenkompressor mit 6500 Jahresbetriebsstunden, dahinter der alte Reservekompressor, links daneben der Kältetrockner und darauf die Leistungsmessung.

3. Vorgehensweise und Messungen

Es gilt herauszufinden, wie viel Druckluft erzeugt wird, wo diese hingehet und wie viel eigentlich für die Prozesse gebraucht werden müsste.

Am einfachsten ist die Messung der Druckluftherzeugung mit der Messung des Stromverbrauchs der Druckluftanlage. Direkt am Kompressorschaltschrank (*siehe Abb. 1*) wurde mit 3 Leistungsmesszangen die Aufnahmeleistung des 30-kW-Schraubenkompressors ermittelt, welche in einem Stromtacho von der Firma SEFAG aufgezeichnet wurde.

Die Auswertung des Leistungslastganges (*siehe Abb. 2*) ergab, dass der Kompressor Tag und Nacht zwischen 27 und 31 kW Leistung aufnimmt, mit Ausnahme des Wochenendes, wenn er, von Samstag 20:30 bis Sonntag 21:00 beim Produktionsunterbruch in der Weberei, abgeschaltet wird. Weil die Greiferwebmaschinen nur sehr wenig Druckluft benötigen, wurden die grossen Druckluftverbraucher im übrigen Betrieb gesucht. Es wurden sehr viele Druckluftanschlüsse und auch kleine Lecks gefunden, aber deren Summe lag weit unter 4500 l/min.

Ausgehend von der Hauptverteilung wurden die verschiedenen Abgänge untersucht. Weil ein sehr grosser Druckluftverbraucher gesucht wurde, schloss man die einzelnen Schieber kurz und horchte die Öffnungsgeräusche ab. Beim Schieber Richtung Websaal war der grosse Luftstrom deutlich zu hören. Bei weiteren Abzweigungen wurde nach dem selben Vorgehen der luftführende Strang gesucht. Bei der feinverzweigten Druckluftverteilung unter dem Websaal konnten mit dieser Methode die einzelnen Verbraucher nicht mehr eindeutig identifiziert werden.

In einem weiteren Schritt wurde die Druckluftanlage am Wochenende nicht abgeschaltet. Obwohl keine Maschine in Betrieb war, blieb die Leistungsaufnahme bei 22,5 kW (*siehe Abb. 2*). Bei einer Wiederholung an einem späteren Wochenende wurde am Sonntagmorgen der Websaal vor Ort untersucht. Aus zahlreichen Druckluftanschlüssen hörte man Luft entweichen. Durch die andauernden Maschinenvibrationen sind die Steckkupplungen (*siehe Abb. 3*) undicht geworden. In der Vergangenheit war bei Kontrollgängen nie etwas zu hören, weil die Druckluftanlage ja abgestellt

war. Während der Produktionszeit ist es im Websaal so laut, dass alle einen Gehörschutz tragen und ein Zischen nicht zu hören ist.

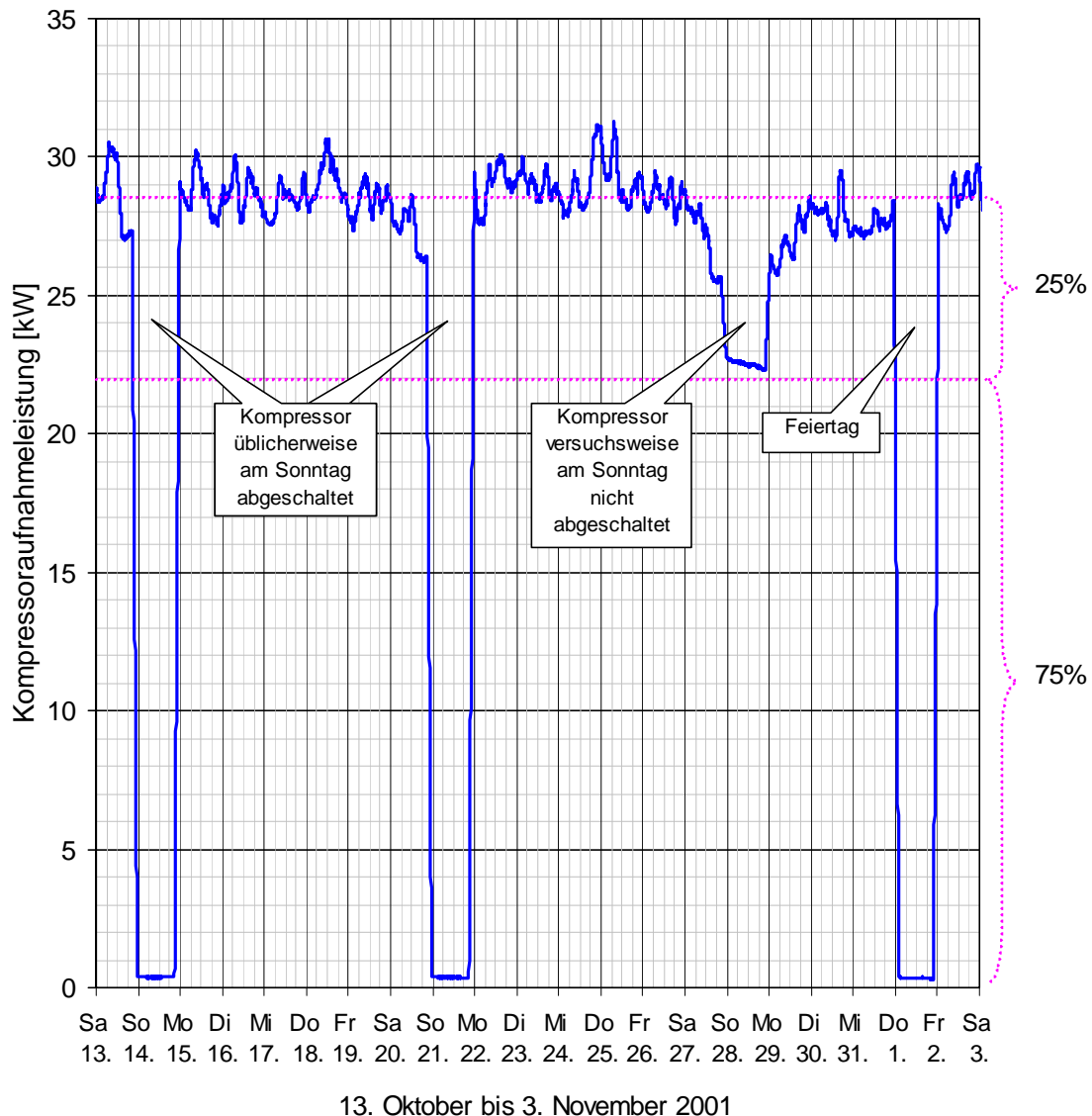


Abb. 2) Der Stromverbrauch des Kompressors pendelt zwischen 27 und 31 kW. Am Sonntag, den 28. Oktober 2001, wurde der Kompressor versuchsweise nicht abgestellt. Die gemessene Leistung von 75% des wöchentlichen Durchschnittswertes wurde durch die zahlreichen Druckluftlecks an den Webmaschinen verursacht. Ohne diese Lecks würde eine Kompressorleistung von 25% genügen.

Hochgerechnet auf das Jahr verursachen die zahlreichen Lecks rund 150'000 kWh Stromverbrauch, die übrigen Druckluftverbraucher nur 50'000 kWh. Mit vibrationsfesten Kupplungen oder festen Schlauchverbindungen und Handschieber können diese Lecks innerhalb von einer Woche beseitigt werden. Auch bei Stromkosten von 10 Rp./kWh eine Investition, welche sich lohnt.



Abb. 3) Eine der zahlreichen undichten Schlauchkupplungen an einer Webmaschine. Weil die Maschinen dauern laufen und sehr laut sind, hört man kein Zischen.

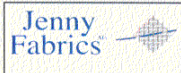
4. Kontrollmessungen

Anhand der Ergebnisse wurden die Webmaschinen fest am Druckluftnetz angeschlossen und mit Handschieber ausgestattet. Die Mitarbeiter wurden mit einem Informationsblatt (*siehe Abb. 4*) über die Veränderungen informiert.

Weil die Messung mit dem *Stromtacho* nur mit 5-Minuten Durchschnittswerten erfolgte, wurde die Stromaufnahme des Schraubenkompressors im Sekundenbereich mit dem Leistungsmessgerät Fluke 43 B gemessen (*siehe Abb. 5*). Die gemessene Leistungsaufnahme war höher als Ergebnisse vor den Verbesserungsmaßnahmen.

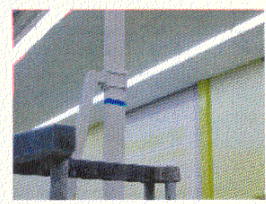
Die Schöpfleistung des Kompressors konnte nicht überprüft werden, weil der Druckluftspeicher nur mit einem $\frac{3}{4}$ Zoll Schlauch angeschlossen war und mitten im Druckluftnetz installiert ist. Beim Verschliessen aller 4 Abgangsschieber stellte der Kompressor nach der Nachlaufzeit ab, was auf eine intakte Grundfunktion hinweist. Die Überprüfung der Nenndaten ergeben einen guten Wirkungsgrad für den Schraubenkompressor (*siehe Abb. 6*).

Die erneute Messreihe mit dem *Stromtacho* (*siehe Abb. 7*) ergab im Durchschnitt eine um 4 kW höhere Grundleistung als vor den Massnahmen, vor allem auch am arbeitsfreien Sonntag. Die erhöhte Grundleistung lässt sich mit dem Probetrieb der ersten Luftwebmaschine erklären. Die noch vorhandene Leistung am Sonntag wird von den 20 Maschinen herrühren, welche nicht mit neuen Druckluftanschlüssen ausgerüstet wurden, weil sie demnächst durch Luftwebemaschinen ersetzt werden. Warum aber die Leistungsaufnahme am Sonntag höher als vorher ist, kann nicht erklärt werden.

	Personal Info 2002 / 05		INF02-5	
Datum 02.05.2002	Pfad P:\aadaten\Personal\B-inf\2002\INF02-5		Seite 1 von 1	


Info

Pressluft Weberei 2 Nord



In der Weberei 2 Nord sind neu an den blau markierten Stützen ca. 7 m lange Pressluftschläuche montiert.

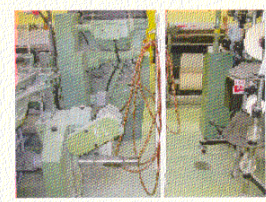
Mit diesen Schläuchen können 4 Webmaschinen bedient werden.



Die Installation ist neu mit einem Absperrhahn versehen.

Der Absperrhahn muss bei nicht gebrauch immer geschlossen werden.

„ **Luftverluste** “



Die Schläuche nach dem Gebrauch bitte geordnet an die Halterungen hängen.

Geht an: Anschlag Weberei / hsp	2.5.02 szu
---------------------------------	------------

Abb. 4) Information der Mitarbeiter in der Weberei Jenny Fabrics AG über die Veränderungen im Druckluftnetz.

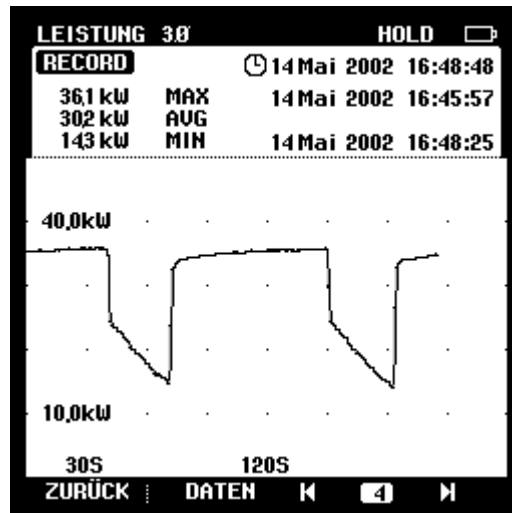


Abb. 5) Messung der Leistungsaufnahme mit Fluke 42B. Der Schraubenkompressor arbeitet rund 80 Sekunden unter Volllast mit 35 kW Aufnahmeleistung, fällt dann für gut 30 Sekunden in den Leerlauf mit 25 bis 15 kW Aufnahmeleistung und geht dann wieder in den Volllastbetrieb über.

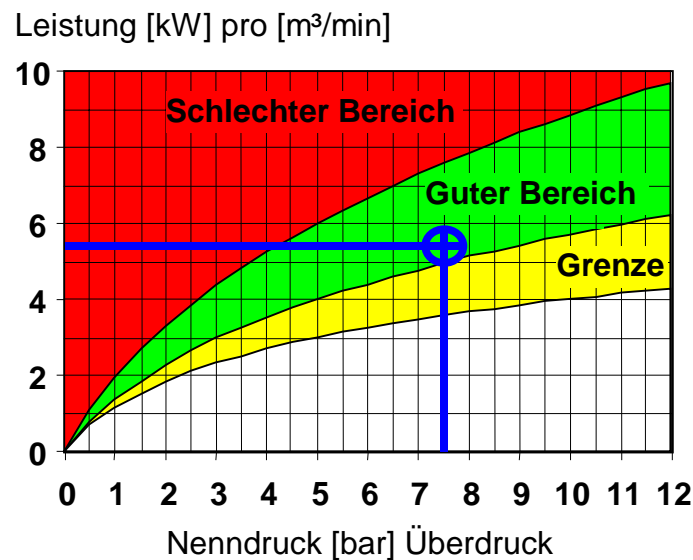


Abb. 6) Der 30-kW-Schraubenkompressor mit einer Nennförderleistung von 5,5 m³/min ergibt einen Faktor von 5,5 kW pro m³/min. Bei einem Nenndruck von 7,5 bar Überdruck liegt er damit im guten Bereich. Quelle [1]

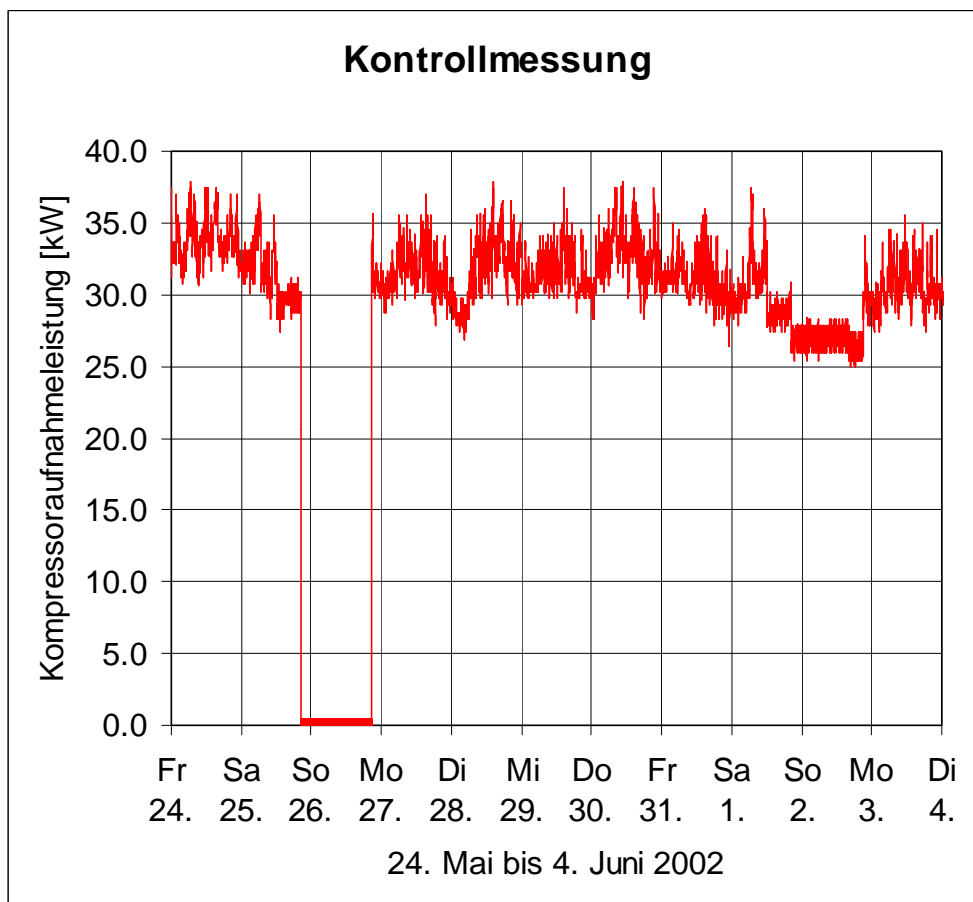


Abb. 7) Die Kontrollmessung nach der Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen an den Anschlüssen der Webmaschinen ergibt eine durchschnittliche Leistungszunahme um 4 kW. Der erhöhte Leistungsbedarf während der Produktionszeit kann durch den Probebetrieb einer Luftwebmaschine erklärt werden. Am Sonntag, den 26. Juni 2002 war die Druckluftanlage abgeschaltet. Die 27 kW Leerlaufleistung am 2. Juni 2002 werden von Lecks der nicht sanierten Maschinen herrühren, welche demnächst durch Luftwebmaschinen ersetzt werden.

5. Ausblick

Die bestehende Druckluftherzeugungsanlage wurde nicht weiter untersucht, weil sie demnächst ausser Betrieb genommen wird. Die neuen Luftwebmaschinen benötigen sehr viel mehr Druckluft. Bei der neuen Druckluftanlage wird ein drehzahlvariabler Hauptkompressor eingesetzt, die Abgangsstränge werden mit automatischen zeitgesteuerten Schiebern ausgerüstet, die Kompressorabwärme wird direkt ins Heizsystem eingespiesen, und eine eigene Energiemessung eingebaut.

Die festgestellten Energiesparmöglichkeiten bei der Druckluftanlage im Bereich von 75% sind unerwartet hoch. Leider konnten durch eine Kontrollmessung die Einsparungen nicht nachgewiesen werden, weil durch die Umstellung im Maschinenpark keine vergleichbare Situation mehr erfassbar war.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass verborgene grosse Druckluftlecks viel Geld kosten. Diese Botschaft wird mit einem Fachartikel (*Anhang*) kommuniziert.

6. Quellenverzeichnis

- [1] R. Gloor: Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz, 2000
<http://www.energie.ch/themen/industrie/druckluft/>
- [2] Wirkungsgradoptimierung der Druckluftherzeugung und –verteilung (Materialien zu RAVEL), Franz Münt, EDMZ 724.397.21.54 D, BfK 1992
- [3] Energetischer Vergleich pneumatischer, hydraulischer und elektromechanischer Antriebs- und Werkzeugsysteme (Materialien zu RAVEL), Joachim E. Albrecht, EDMZ 724.397.12.56 D, BfK 1993
- [4] Energieeffizienz in Gewerbe- und industriellen Kleinbetrieben, Infel, Zürich 1999

7. Anhang (Fachartikel)

Lecks stopfen und Kosten sparen

In einem Betrieb mit 100 Webmaschinen können versteckte Lecks in Druckluftanlagen weit über 10'000 Franken pro Jahr kosten. Eine Reparatur der undichten Stellen in einer Weberei hat sich schon nach weniger als einem halben Jahr bezahlt gemacht.

Von Rolf Gloor, 7434 Sufers, www.energie.ch und Christian Bachmann, 8501 Frauenfeld, www.pcb.ch

Die Weberei Jenny Fabrics AG in Ziegelbrücke produziert mit 120 Greiferwebmaschinen während 6 Tagen rund um die Uhr Baumwollgewebe. Das Unternehmen verbraucht jährlich rund 200'000 kWh – das sind etwa 5 % der bezogenen elektrischen Energie, um Druckluft zu erzeugen. Diese dient dem Fadeneinzug, der Reinigung von Maschinen, der Bewegung von Maschinenteilen usw.

Hohe Kosten, lohnende Sanierung

Druckluft ist relativ teuer: Nur gerade 5 % der hineingesteckten Leistung steht an den Geräten als Nutzleistung zur Verfügung. Der Rest geht in Kompressoren, Kühlern, Lecks in der Verteilanlage und bei der Umwandlung von pneumatischer in mechanische Energie verloren. Die technische Entwicklung des Maschinenparks lässt den Druckluftbedarf in Webereien tendenziell ansteigen. In dieser Branche ist also ein grosses Sparpotential zu vermuten.

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie haben wir deshalb Ende 2001 am Beispiel der Weberei Jenny untersucht, wie sich die Optimierung der Druckluftanlage auf den Stromverbrauch und die Betriebskosten auswirkt. Dabei haben wir sehr viele Lecks entdeckt, durch die drei Viertel der Druckluft ungenutzt entweichen sind. Eine einfache Sanierung brachte jährliche Einsparungen von über zehntausend Franken.

Leistung des Kompressors messen

Die nun beschriebene Vorgehensweise eignet sich grundsätzlich für alle ähnlichen Betriebe. Zuerst haben wir mit einem Leistungsmessgerät ermittelt, dass der Schraubenkompressor Tag und Nacht zwischen 27 und 31 kW Leistung aufnimmt, mit Ausnahme des Wochenendes (*siehe Abb. 1*).

Dieser hohe Verbrauch war mit dem normalen Bedarf der einzelnen Druckluftverbraucher nicht zu erklären. Deshalb haben wir gezielt nach Lecks gesucht.

Der Test am Sonntagmorgen

Bei laufenden Maschinen ist es im Websaal so laut, dass man einen Gehörschutz tragen muss. Die Suche nach Lecks ist deshalb nur am einzigen arbeitsfreien

Tag möglich. Am Sonntag, 28. Oktober 2001, wurde der Kompressor versuchsweise nicht abgestellt. Aus den zahlreichen Druckluftanschlüssen (*siehe Abb. 2*) an den stehenden Maschinen im Websaal hörte man Luft entweichen. Der Kompressor nahm weiterhin 22.5 kW Leistung auf. Das ist die Leistung, die durch Lecks verloren geht. Hochgerechnet auf das Jahr, kostet sie weit über 10'000 Franken.

Leckrate bestimmen

Um die Leckrate zu berechnen, d.h. die Menge Luft, die pro Zeiteinheit durch Lecks entweicht, lässt man bei stehenden Maschinen den Kompressor zunächst weiterlaufen. Dann stellt man ihn ab und misst mit der Stoppuhr, wie lange es dauert, bis der Druck im Druckbehälter, ausgehend vom Betriebsdruck, um 1 bar absinkt, z.B. von 7 auf 6 bar. Dividiert man das Volumen des Druckbehälters in Liter durch die gestoppte Zeit in Minuten, erhält man näherungsweise die Leckrate in Liter pro Minute. Macht die Leckrate mehr als etwa 10 % der vom Kompressor geförderten Luftmenge aus, lohnt es sich, gezielt nach Lecks zu suchen und diese zu beseitigen.

Reparatur

An 100 Maschinen der Weberei Jenny sind die undichten Steckkupplungen inzwischen durch feste Verbindungen mit Handschieber ersetzt worden. Das hat pro Maschine etwa 25 Franken an Material und etwa 15 Minuten an Arbeitszeit gekostet. Bei 20 Maschinen hat man darauf verzichtet, da diese später ausgemustert worden sind. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die undichten Steckkupplungen durch vibrationsfeste Ausführungen zu ersetzen.

Fazit

In Webereien ist durch die starken Vibrationen und bei der hohen Zahl von Druckluftanschlüssen die Gefahr von Lecks sehr gross. Durch einfache Messungen kann der Betreiber selber die Leckrate bestimmen und, falls erforderlich, gezielt nach Lecks suchen. Die Reparatur kostet nicht viel und macht sich schon nach wenigen Monaten durch tiefere Energiekosten bezahlt.

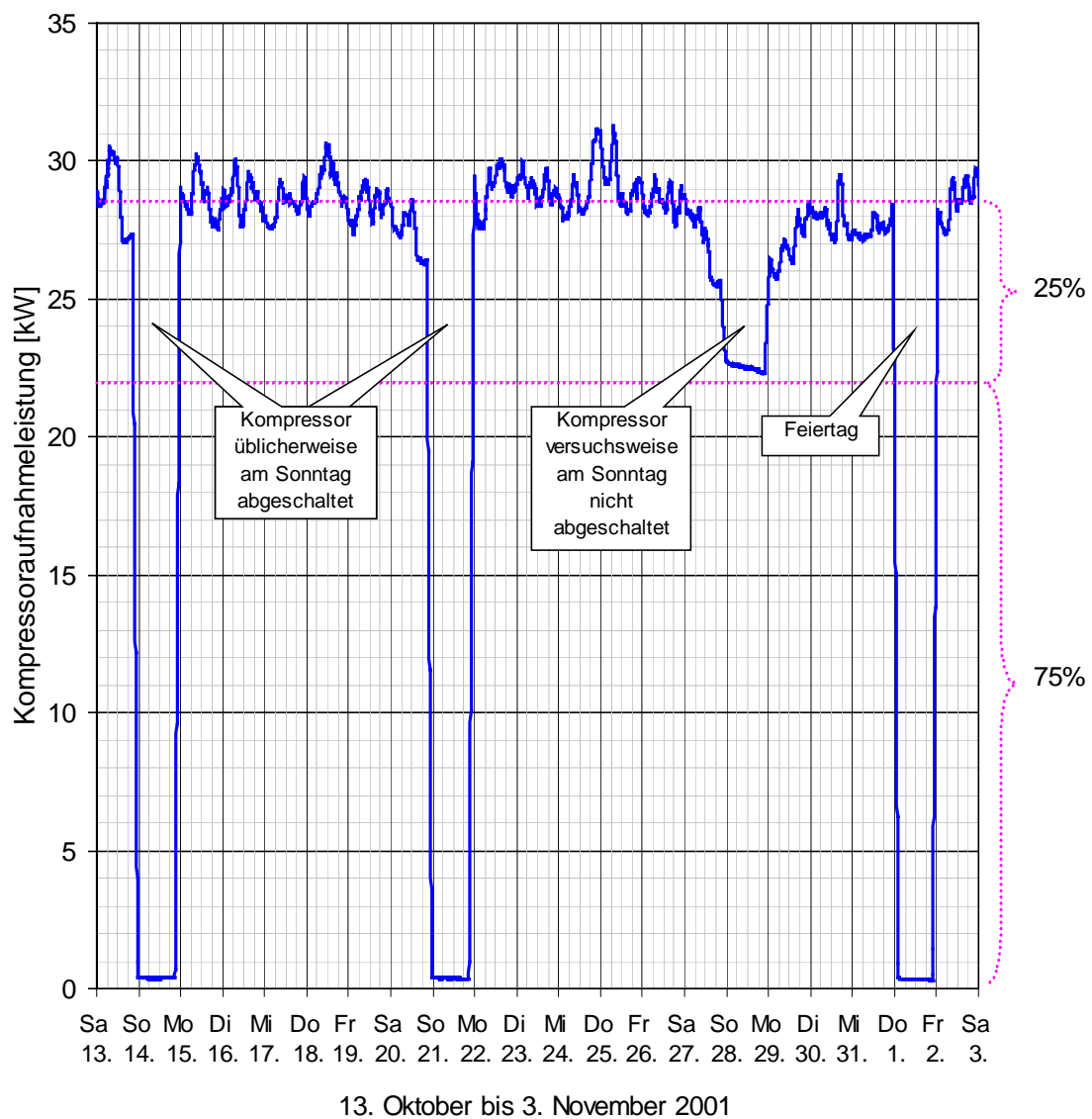


Abbildung 1) Zeitlicher Verlauf der Leistungsaufnahme, aufgezeichnet mit einem Leistungsmessgerät (Stromtacho der Firma Sefag).



Abbildung 2) Undichte Steckkupplung für Druckluft an einer Webmaschine. Der Pfeil zeigt auf das Leck.