

Schlussbericht **August 2002**

Druckluftoptimierung in einer Schreinerei

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>	5
<u>1. Ausgangslage, Vorgehen</u>	6
<u>2. Anlagenbeschreibung</u>	6
<u>3. Vorgehensweise und Messungen</u>	7
<u>4. Optimierung</u>	9
<u>5. Einzelmessungen</u>	12
<u>6. Simulation</u>	13
<u>7. Ausblick</u>	15
<u>8. Quellenverzeichnis</u>	15
<u>9. Anhang (Fachartikel)</u>	16

Zusammenfassung

In Druckluftanlagen stecken rentable Möglichkeiten zur Einsparung von Energie. Für Gewerbebetriebe wie Schreinereien sind aber die eingesparten Stromkosten meistens kleiner als die Kosten für eine Systemoptimierung durch externe Fachleute. Zur Realisierung der Energiesparmöglichkeiten ist in der vorliegenden Arbeit mit einfachen Beispielen eine praktische Anleitung für die Selbsthilfe zu geben. Folgende Massnahmen wurden ausprobiert:

- Ausschalten der Druckluftherzeugung und des Verteilnetzes ausserhalb der Arbeitszeit, zum Beispiel mit einer Schaltuhr
- Optimierung der Drucks niveaus für das Ein- und Ausschalten der Kompressoren und der Nachlaufzeit bei Schraubenkompressoren
- Einfache Kontrolle der Kompressorleistung und der Zusatzeinrichtungen wie Kältetrockner, Filter und Druckluftbehälter
- Optimierung der Luftversorgung im Kompressorraum und Möglichkeiten der Abwärmenutzung
- Optimierung an den Maschinen und Arbeitsplätzen (Stopfen von Lecks, Einstellungen an der Steuerung, Wartung der Aggregate, Absperrventile, Mitarbeiterinstruktion)

Mit der Optimierung der Kompressoreinstellungen konnte am untersuchten Betrieb die Energieeffizienz der Druckluftanlage um über 30% verbessert werden, ohne dass in Material investiert werden musste. Mit der richtigen Anleitung liegt der erforderliche Zeitaufwand für die Optimierung durch den Betreiber bei wenigen Stunden.

Résumé

Les possibilités profitables d'économie de l'énergie sont contenues dans les installations à air comprimé. Pour des établissements industriels comme des menuiseries, toutefois les coûts de l'électricité économisés sont souvent plus petits que les frais pour une optimisation de système par des spécialistes externes. Pour réaliser les possibilités de sauvetage énergétiques avec ce travail, un guide pratique est donné trop d'autonomie avec des exemples simples. Les mesures suivantes ont été essayées:

- mettre de la compression d'air et du réseau de distribution à l'extérieur de l'horaire de travail, par exemple avec une horloge de distribution
- optimisation des niveaux de pression pour mettre et de des compresseurs et du temps de non opération avec des compresseurs de vis
- contrôle simple de la performance de compresseur et des dispositifs spéciaux comme des déshydrateurs de froid, des filtres et des réservoirs à air comprimé
- optimisation de l'approvisionnement aérien dans le secteur de compresseur et de possibilités du récupération de la chaleur résiduelle
- optimisation aux appareils et aux postes de travail (bouchons des fuites, réglages à l'orientation, entretien des agrégats, soupapes d'arrêt, instruction de collaborateur)

Avec l'optimisation des réglages de compresseur, à l'entreprise examinée, l'efficacité énergétique de l'installation à air comprimé pouvait être améliorée autour de plus de 30%, sans qu'on doive investir dans matériel. Avec le guide correct, le temps nécessaire pour l'optimisation s'élève par l'opérateur à peu d'heures.

Abstract (english)

Compressed air units offer profitable possibilities for energy saving. But the costs that can be saved in compressed air units of joiner's or carpenter's workshops are often smaller than the costs of a system tuning by external specialists. Therefore, it is necessary to give a simple and practical self-help guide. We tried out the following measures:

- switching off the compressed air supply and the distributed network outside of the work time, for example by means of a time switch
- optimisation of the pressure levels for switching on and off the compressors and optimisation of the hunting time of the screw compressors
- simple control of compressor capacity and additional devices such as refrigerated dryings, filters and compressed air tanks
- optimisation of the air supply in the compressor area and possibilities of the waste heat utilization
- optimisation on the machines and jobs (plugs of leakages, attitudes on the control, maintenance of the aggregates, stop valves, coworker instruction)

By optimisation of the compressor characteristics, the energy efficiency of the compressed air unit of the examined enterprise could be improved by more than 30%, without any investment into material. With the correct guidance it will take the operator only a few hours to optimise his compressed air unit.

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 Schreinerei Schneebeli AG in Ottenbach sollen Energiesparmöglichkeiten mit der Druckluftanlage gefunden, ausprobiert und kontrolliert werden. Die Ergebnisse und dazugehörigen Massnahmen werden dokumentiert. Daraus soll ein Fachartikel mit einfachen Tips zur Optimierung von Druckluftanlagen erarbeitet werden. Dieser wird dann in Fachmedien wie der Schreinerzeitung publiziert werden und soll andere Betriebe zur Nachahmung animieren.

2. Anlagenbeschreibung

Die Druckluftanlage (*siehe Abb. 1*) bei der Schreinerei Schneebeli besteht im wesentlichen aus:

Druckluftverbraucher (Maschinen, Geräte, Anschlüsse)

CNC Bearbeitungscenter Weeke, Pneumatikzylinder, Betriebsdauer 10 h/w, Baujahr 1996

Breitbandschleifmaschine Hessemann, viel Reinigungsluft, Betriebsdauer 3 h/w, Baujahr 2000

Kantenleimer IMA, Pneumatikzylinder, Reinigungsluft, Betriebsdauer 10 h/w, Baujahr 1995

Liegende Plattensäge Holzma, Pneumatikzylinder, Betriebsdauer 17 h/w, Baujahr 2000

Diverse Bearbeitungsmaschinen und Pressen mit geringem Druckluftbedarf

Späneabsauganlage Fuchs, pneumatische Filterabreinigung

Lackiererei mit pneumatischer Schleifmaschine und einer Spritzpistole

12 Arbeitsbänke mit druckluftbetriebenen Handgeräten und Reinigungspistolen

Druckluftverteilung (Rohrleitung, Trocknung, Filter, Speicher)

1 Ultrafeinfilter

1 Hauptventil zur Druckluftverteilung mit Schaltuhr

4 Druckluftbehälter mit je 270 l Inhalt mit manuellem Kondensatablassventilen

Kältetrockner DE 104, Kälteleistung 1,96 kW mit 0.57 kW Kompressor, Maximale Luftmenge 2300 l/min mit 0,28 bar Druckabfall, Schaltuhr

Drucklufterzeugung (Kompressor, Steuerung, Infrastruktur)

Schraubenkompressor Ceccato RLI 7.5 (*siehe Abb. 2*), Nennleistung 5,5 kW, Förderleistung 800 l/min bei 10 bar Überdruck, 850 l/min bei 8 bar Überdruck, Betriebsdauer 50 h/w, Jahrgang 1995, Schaltuhr

Kolbenkompressor (Reserve) Protechnik 100S, Nennleistung 5,5 kW, Betriebsdauer 2 h/w, Förderleistung nicht bekannt, Jahrgang 1998, Schaltuhr

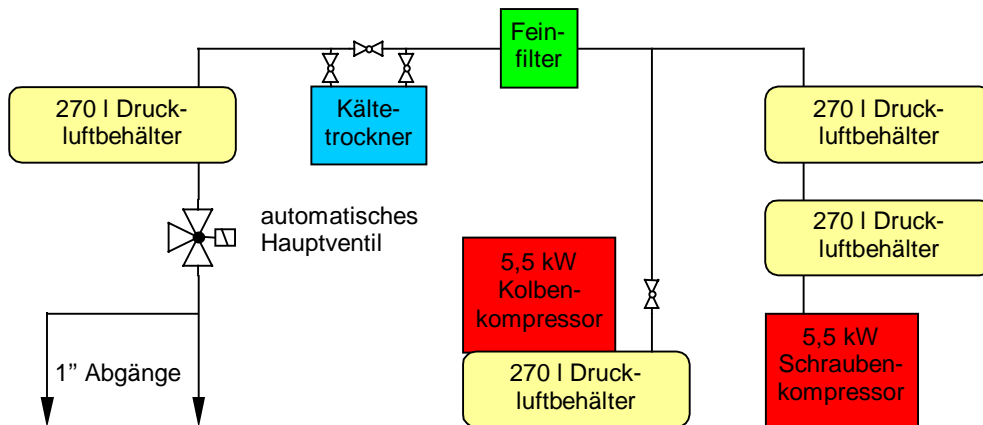


Abb. 1) Vereinfachtes Schema der Drucklufterzeugung und Druckluftverteilung bei der Firma Schneebeli. Die Kondenstatablassventile sind nicht eingezeichnet.



Abb. 2) 5,5 kW Schraubenkompressors und 2 Druckluftbehälter mit je 270 Liter Inhalt

3. Vorgehensweise und Messungen

Grundlage für die Analyse der Energiesparmöglichkeiten ist die Messung des Stromverbrauchs der Druckluftanlage. Weil der Druckluftbedarf mit dem Betrieb der Holzbearbeitungsmaschinen verknüpft ist, wird als Kontrollgrösse auch der gesamte Stromverbrauch des Betriebes erfasst. Folgende Messdaten wurden täglich abgelesen:

- Gesamtstromverbrauch (Stromzähler des Elektrizitätswerkes)
- Betriebsstunden des Schrauben- und Kolbenkompressors
- Stromverbrauch Schraubenkompressor (dreiphasiges Leistungsmessgerät *EMU 3*)
- Stromverbrauch Kältetrockner (einphasiges Leistungsmessgerät *EMU 1.24*)

Die hohe wöchentliche Betriebsdauer von 50 Stunden des Schraubenkompressors liess vermuten, dass erhebliche Energiesparmöglichkeiten vorhanden sind. Die Auswertung der Energiemessung (siehe Abb. 3) zeigte:

- Der Gesamtstromverbrauch verändert sich kaum und liegt bei 2500 kWh/w, was Stromkosten von 27'000 Franken pro Jahr ergibt. Die 22 Mitarbeiter verursachen einen spezifischen Stromverbrauch von rund 6000 kWh/a und Mitarbeiter, was dem Durchschnittswert von schweizerischen Schreinereien entspricht [2].
- Die Druckluftkompressoren beanspruchten ursprünglich 10% des Stromverbrauchs, was für eine Schreinerei mit durchschnittlicher Automatisierung ein hoher Wert ist [2].
- Die Betriebsstunden multipliziert mit der Nennleistung von 5,5 kW der beiden Kompressoren folgen dem gemessenen Stromverbrauch erstaunlich genau.
- Der Kältetrockner verursachte rund 0,5% des Gesamtstromverbrauches.

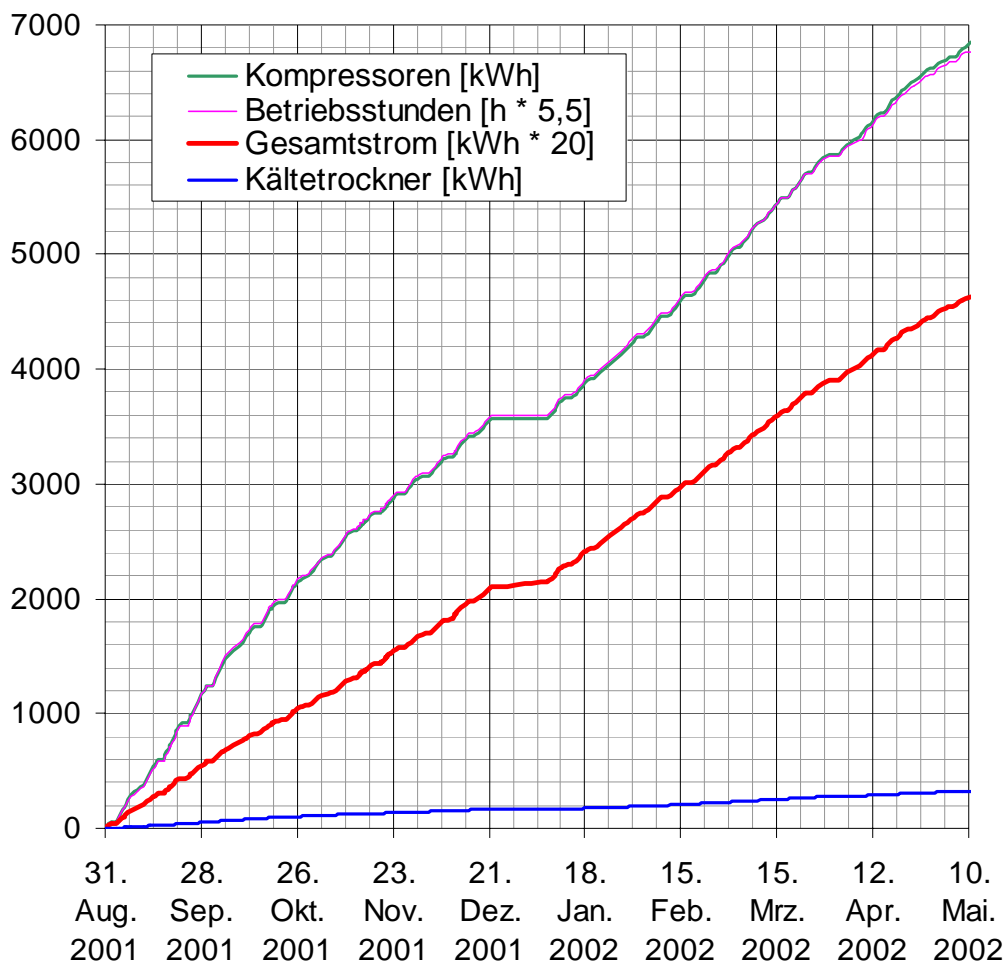


Abb. 3) Stromverbrauch der Schreinerei, der beiden Kompressoren und des Kältetrockners sowie die Betriebsstunden der beiden Kompressoren über die Messperiode September 2001 bis Mai 2002. Die Übereinstimmung der Betriebsstunden mal Nennleistung der Kompressoren mit dem gemessenen Elektrizitätsverbrauch ist erstaunlich. Der Zeitraum September 2001 bis Dezember 2001, in dem die Optimierung erfolgte, ist in Abb. 5) feiner dargestellt.

Nach installierter Messung wurde die Druckluftanlage schrittweise optimiert und die Resultate anhand der Messungen überprüft.

4. Optimierung

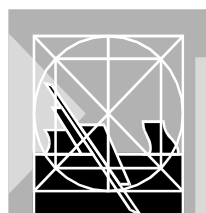
Als erstes wurden die Druckluftverbraucher grob beurteilt. Ausser der grossen Breitbandmaschine, welche selten läuft, wurden keine sehr grossen Verbraucher festgestellt. Eine Messung ausserhalb der Arbeitszeit ergab, dass der Druck in den rund 1100 Liter Speichervolumen innerhalb von 18 Minuten von 8 auf 7 bar Überdruck sinkt. Daraus lässt sich eine Leckrate von 60 l/min errechnen [1]. Bei einer Fördermenge von 850 l/min sind das etwa 7%, was kein schlechter Wert für eine Schreinerei ist. Eine ausführlichere Untersuchung der Verbraucher und Kompressoren ist unter Einzelmessungen (Kapitel 5) beschreiben.

In einem zweiten Schritt wurde am 5. Oktober 2001 die Steuerung des Schraubenkompressors von Dauerlauf auf die Betriebsart Start-Stop umgestellt. Bei Dauerlauf läuft der Schraubenkompressor immer. Beim Erreichen des oberen Druckwertes wird nur das Entlastungsventil geöffnet und der Kompressor läuft im Leerlauf. Wenn der untere Druckwert unterschritten wird, schliesst das Entlastungsventil und der Kompressor läuft unter Volllast. Die Leistungsaufnahme pendelt zwischen 3,6 und 6,2 kW. Bei der Betriebsart Start-Stop geht der Kompressor nach dem Erreichen des Enddruckes auch in den Leerlauf über, aber nach der Nachlaufzeit schaltet er ab. Die Nachlaufzeit schützt den Kompressormotor vor zu vielen Startvorgängen, welche den Motor überhitzen können. Diese einfache Massnahme brachte eine Elektrizitätseinsparung von 35% (siehe Abb. 5).

Im dritten Schritt wurde am 17. Oktober 2001 die Zeiteinstellung der Schaltuhren optimiert (siehe Tab. 1). Zuvor war nur das Magnetventil für die Abgänge von 19:00 bis 06:00 geschlossen. Der Kolbenkompressor, welcher erst bei einem Druck von 7 bar Überdruck einschaltet, wird auf die Randzeiten und den Samstag gelegt. Der Schraubenkompressor, welcher zwischen 7,5 und 9 bar Überdruck arbeitet, wird nur während der Hauptarbeitszeit freigegeben. Der Kältetrockner wird 15 Minuten vor und nach der Schaltzeit des Kolbenkompressor betrieben, damit er während der theoretisch möglichen Betriebszeit der Druckluftanlage immer auf Nenntemperatur ist und keine zu feuchte Luft ins Druckluftnetz lässt. Die Mitarbeiter wurden mit einem Merkblatt informiert (siehe Abb. 4). Weil das Druckluftnetz ausserhalb der Arbeitszeit schon vor der Optimierung durch ein Hauptventil geschlossen wurde, konnten nur Verbesserungen im Bereich von 8% festgestellt werden (siehe Abb. 5).

		Morgen	Znüni		Mittag		Abend
		ein	aus	ein	aus	ein	aus
Magnetventil für Abgänge	MO - DO	06:25			12:05	12:55	17:30
	FR	06:25			12:05	12:55	17:00
	SA						
Kältetrockner	MO - DO	05:30					20:00
	FR	05:30					20:00
	SA	05:45			12:30		
Schraubenkompressor	MO - DO	07:00	09:00	09:25	12:00	13:00	17:00
	FR	07:00	09:00	09:25	12:00	13:00	15:30
	SA						
Kolbenkompressor	MO - DO	05:45					19:45
	FR	05:45					19:45
	SA	06:00			12:15		

Tab. 1) Einstellwerte der Schaltuhren ab 17. Oktober 2001



SCHNEEBELI

Zeiteinstellungen der Schaltuhren für Druckluft

eingestellt rs 17.10.2001

Druckluftverfügbarkeit NORMAL

	ein	aus	ein	aus	ein	aus
MO - DO	06:25	-	-	12:05	12:55	17:30
FR	06:25	-	-	12:05	12:55	17:00
SA	-	-	-	-	-	-
SO	-	-	-	-	-	-

Wird ausserhalb oben aufgeführten Zeiten Druckluft benötigt gilt folgende Anweisung:

**Magnetventil
von "Auto" auf "Hand"
einstellen in der Box**

	ein	aus	ein	aus	ein	aus
MO - DO	05:45	-	-	-	-	19:45
FR	05:45	-	-	-	-	19:45
SA	06:00	-	-	12:15	-	-
SO	-	-	-	-	-	-

Wird ausserhalb oben aufgeführten Zeiten Druckluft benötigt gilt folgende Anweisung:

1. Kältetrockner manuell an der Zeitschaltuhr einschalten
2. Kolbenkompressor im Schaltschrank 3, manuell an der Zeitschaltuhr einschalten
3. Magnetventil in der Box mit dem Schalter von "Auto" auf "Hand" umschalten

Für Fragen zur Druckluftregelung oder Aenderungsanregungen bitte RS kontaktieren

Abb. 4) Merkblatt zur Orientierung der Mitarbeiter über die Druckluftverfügbarkeit.

In der vierten Phase wurde am 9. November 2001 am Schraubenkompressor ein Service vorgenommen. Folgende Arbeiten wurden durchgeführt: Reinigung der Wärmetauschers, Ersatz des Ansaugfilters, Reduktion der Nachlaufzeit des Schraubenkompressors von 150 auf 40 Sekunden. Am 11. November 2001 wurde durch den Anlagenbetreiber zusätzlich das obere Druckniveaus von 9,7 auf 8,1 bar und das untere von 7.5 auf 6 bar Überdruck reduziert. Diese Massnahme erbrachte eine Energieeinsparung von 17% (siehe Abb. 5).

Alle Massnahmen zusammen reduzieren die durchschnittliche Leistungsaufnahme der Druckluftkompressoren von 2 kW auf 1 kW, was eine Einsparung von 50% ergibt. Beim Kältetrockner hat die Schaltuhr eine Einsparung von rund 30% ergeben. Die Auswertung der Energiemessung (siehe Abb. 5) für die Kompressoren ist in einer Tabelle (siehe Tab. 2) zusammengefasst.

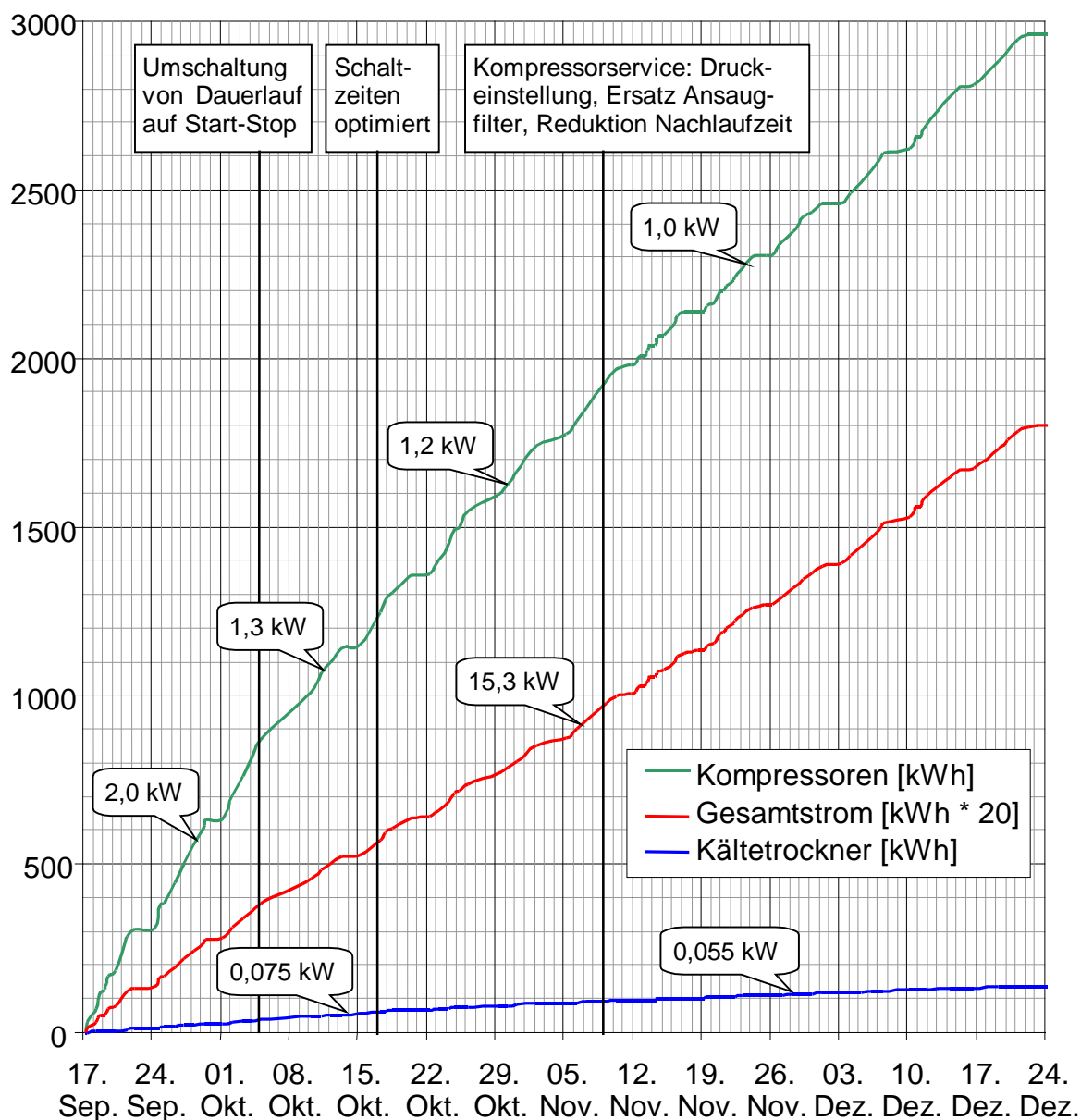


Abb. 5) Stromverbrauch der Schreinerei, des Schraubenkompressors und des Kältetrockners über die Messperiode September 2001 bis Dezember 2001.

Massnahmen (kaskadiert)	Leistung	Einsparung
1. Ausgangswert (abgeschaltet von 19:00 bis 06:00 und am Wochenende)	2,0 kW	0 %
2. Umschaltung von Dauerlauf auf Start-Stop Betrieb	1,3 kW	35 %
3. Optimierung der Schaltzeiten (Arbeitsbeginn, Pause, Mittag, Arbeitsende)	1,2 kW	8 %
4. Kompressorservice: Ansaugfilter, Druckeinstellung, Nachlaufzeit	1,0 kW	17 %
Σ alle Massnahmen zusammen		50 %

Tab. 2) Zusammenstellung des gemessenen Wirkung der Massnahmen am Kompressor, welche in der Summe eine Energieeinsparung von 50% ergeben. Ohne die vorhandene Hauptschaltuhr wäre die durchschnittliche Leistung vor der Optimierung bei 2,8 kW gelegen.

5. Einzelmessungen

Der 5,5 kW Schraubenkompressor braucht 100 Sekunden um den Druck in den 1100 l Behältervolumen von 7,5 auf 8,5 bar Überdruck zu erhöhen. Daraus errechnet sich eine Fördermenge von 650 l/min. Die Leistungsmessung ergibt eine Aufnahmeleistung von 5,7 kW bei Volllast und 3,6 kW im Leerlauf (siehe Abb. 6). Nach Datenblatt sollte der Schraubenkompressor bei 8 bar Überdruck eine Fördermenge von 850 l/min liefern. Die Messung zeigt aber eine um 25% tiefer liegende Fördermenge, was eine schlechte Energieeffizienz bedeutet (siehe Abb. 8).

Der 5,5 kW Kolbenkompressor braucht 80 Sekunden um die 1100 l Druckbehälter von 7,5 auf 8,5 bar Überdruck zu bringen. Die sich daraus errechnete Fördermenge von 825 l/min liegt deutlich über der des Schraubenkompressors. Die Leistungsmessung ergibt eine Aufnahmeleistung von 6 kW (siehe Abb. 7).

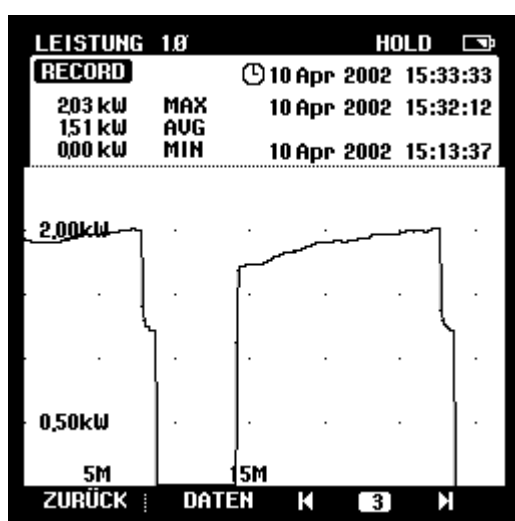


Abb. 6) Der Schraubenkompressor arbeitet rund 15 Minuten unter Volllast mit 3 mal 1,9 kW (5,7 kW), fällt dann für gut 40 Sekunden in den Leerlauf mit 3 mal 1,2 kW (3,6 kW) und ist dann für etwa 5 Minuten abgestellt.

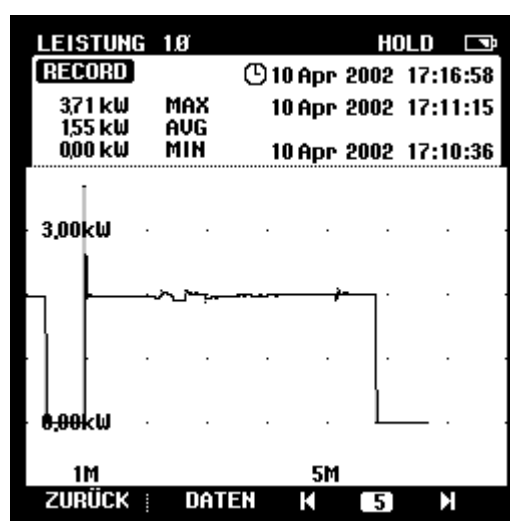


Abb. 7) Der Kolbenkompressor arbeitet unter konstanter Volllast mit 3 mal 2 kW (6 kW) und stellt dann ab.
(Messungen mit Fluke 42B, Kontrollmessung der anderen Phasen zeigt das gleiche Bild)

Mit der gleichen Methode wurde auch die Leckrate bestimmt. An verschiedenen Tagen wurden Entleerzeiten des 1100 l Volumen von 8,5 auf 7,5 bar Überdruck von 12 Minuten bis 20 Minuten gemessen. Daraus errechnen sich Lecks zwischen 55 und 90 l/min. Diese Streuung hängt wahrscheinlich mit dem zufälligen Anschluss von undichten Handgeräten zusammen.

Der Luftverbrauch der Breitbandschleifmaschine wurde auch über die Entleerzeit bestimmt. Beim Betrieb mit allen Schleiftüchern fiel der Druck innerhalb einer Minute um 1 bar, was einen Luftbedarf von mehr als 1000 l/min ergibt. Diese grosse Luftmenge wird für das Abreinigen der Schleiftücher benötigt und wird über Ventile nur beim Durchlauf mit Werkstücken freigegeben.

Die übrigen Verbraucher wurden mit einem Durchflussmessgerät gemessen. Auffallend ist der hohe Luftbedarf der Handschleifmaschine, welche durch ein Gerät mit Elektromotor ersetzt werden könnte. Bei vielen Maschinen ist der Druckluftverbrauch sehr pulsierend, der mittlere Verbrauch muss über einen Bearbeitungszyklus aufgenommen werden. Eine grobe Hochrechnung ergibt einen Durchschnittsverbrauch von 400 l/min aller Druckluftverbraucher (siehe Tab. 3).

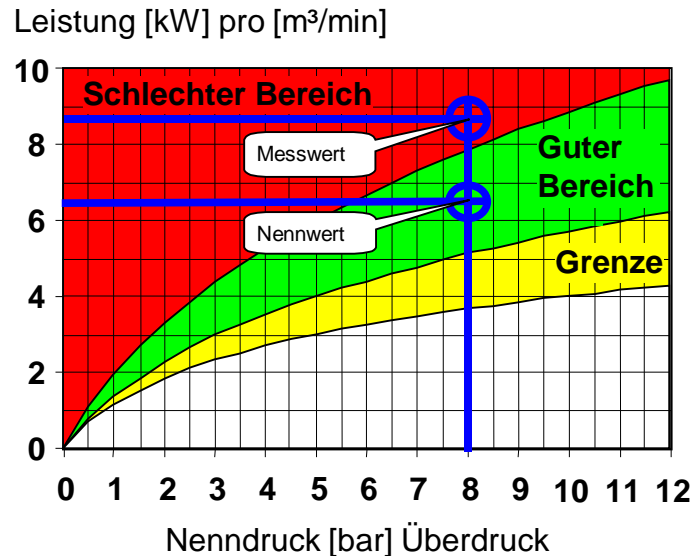


Abb. 8) Der 5,5 kW Schraubenkompressor mit einer Nennförderleistung von 0,85 m³/min ergibt einen Faktor von 6,5 kW pro m³/min, bei einem Nenndruck von 8 bar Überdruck würde er im guten Bereich liegen. Im Betrieb wurde aber eine Aufnahmeleistung von 5,7 kW gemessen und über die Füllzeit eine Fördermenge von nur 0,65 m³/min bestimmt. Das ergibt einen Faktor von 8,7 kW pro m³/min, welcher im schlechten Bereich liegt.

Maschine	Laufzeit	Luftmenge	Durchschnitt	Anteil
Leck	100%	70 l/min	70 l/min	18%
Plattensäge	40%	150 l/min	60 l/min	15%
Kantenleimer	30%	150 l/min	45 l/min	11%
Breitbandschleifer	6%	600 l/min	36 l/min	9%
CNC-Maschine	70%	30 l/min	21 l/min	5%
Absauganlage	50%	30 l/min	15 l/min	4%
Handschleifmaschine	30%	260 l/min	78 l/min	20%
Reinigungspistolen	20%	300 l/min	60 l/min	15%
Diverse	15%	100 l/min	15 l/min	4%
Summe	24%	1690 l/min	400 l/min	100%

Tab. 3) Zusammenstellung des gemessenen und geschätzten Druckluftverbraucher. Der Durchschnittsverbrauch errechnet sich aus dem Anteil der Laufzeit und dem mittleren Luftverbrauch der einzelnen Verbraucher. Die Summe ergibt einen Durchschnittsverbrauch des Netzes von 400 l/min.

6. Simulation

Um die Wirkung der einzelnen Massnahmen wie in Phase 4 der Optimierung (*Kapitel 4*) im Umfeld des Schraubenkompressors zu quantifizieren und verstehen, wurden in einer Exceltabelle die einzelnen Schritte nachvollzogen. Ausgangsgrösse ist der 5,5 kW Schraubenkompressor mit einer Nennförderleistung von 0,65 m³/min und einem Netzverbrauch von 0,40 m³/min während einer Stunde. Die Leistungsaufnahme setzt sich aus 3 kW Leerlaufleistung plus die isothermische Verdichtungsleistung (Luftmenge mal Nenndruck mal Logarithmus von Ausblas- zu Ansaugdruck). Für den Nachlauf wird die gemessene Leistung von 3,6 kW eingesetzt.

Die Simulation (siehe Tab. 4 und Abb. 9) ergibt eine Energieeinsparung von 26%, was deutlich über den gemessenen 17% liegt. Diese Abweichung lässt sich mit der Ungenauigkeit der Rahmenbedingungen bei der Messung und Vereinfachungen bei der Simulation erklären.

Massnahmen (nicht kaskadiert)	Leistungsaufnahme	Einsparung
Ausgangswert	4,9 kW	0 %
Entwässerung der Speicherbehälter (Volumen von 900 auf 1080 l)	4,8 kW	3 %
Reinigung des Ansaugfilters (Ansaugdruck von 0,7 auf 0,95 bar)	4,7 kW	5 %
Druckeinstellung von 7,5 - 9 bar auf 6,5 - 8,5 bar	4,5 kW	8 %
Reduktion der Nachlaufzeit von 150 auf 40 s	4,3 kW	12 %
Alle Massnahmen zusammen	3,6 kW	26 %

Tab. 4) Zusammenstellung des berechneten Wirkung der Massnahmen am Schraubenkompressor. Die Höhe der Einsparungen hängt nebst dem Volumen der Speicherbehälter vom Verhältnis Kompressorförderleistung zu Netzverbrauch ab.

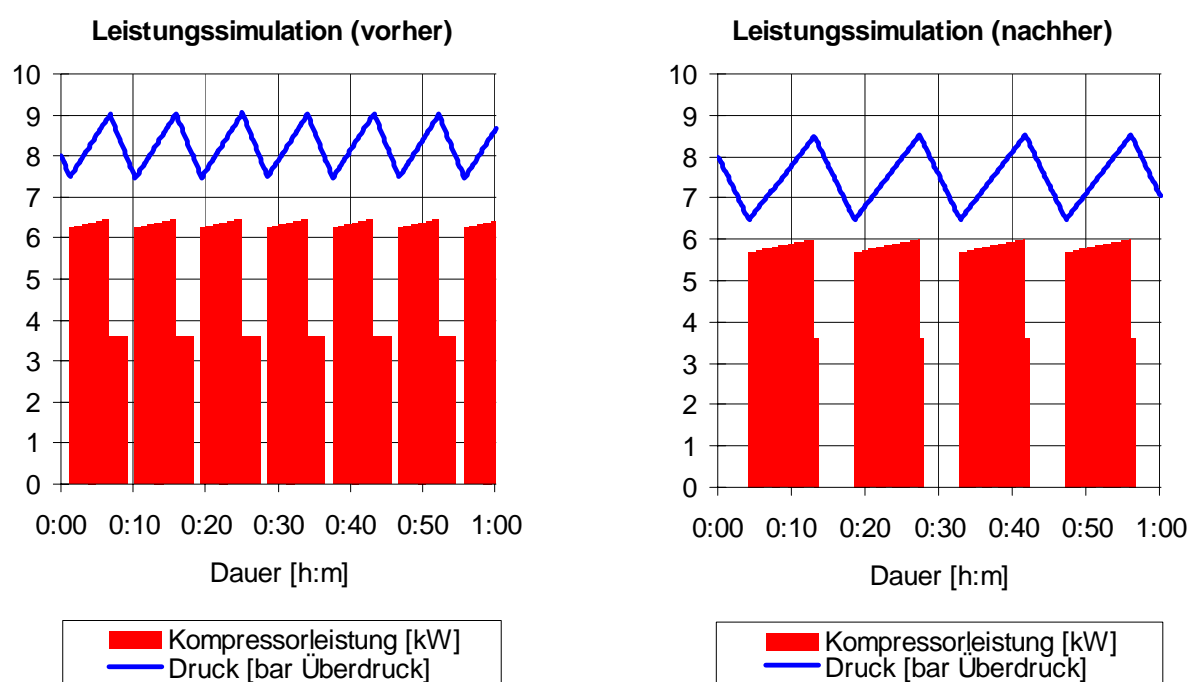


Abb. 9) Leistungssimulation für den 5,5 kW Schraubenkompressor mit einer Nennförderleistung von 0,65 m³/min und einem Verbrauch von 0,40 m³/min. Durch die Entwässerung der Druckbehälter, Auswechslung der Ansaugfilter, Optimierung der Druckwerte und Reduktion der Nachlaufzeit kann die durchschnittliche Leistungsaufnahme von 4,9 auf 3,6 kW (um 26%) reduziert werden.

Wenn die Druckluftanlage nur die Leckverluste von 0,08 m³/min decken muss, wie bei einem Betrieb ausserhalb der Arbeitszeit, so liegt die durchschnittliche Kompressoraufnahmeleistung bei 1.5 kW. Mit den oben beschriebenen Massnahmen würde sie sich auf die Hälfte reduzieren, was bei 6000 arbeitsfreien Stunden pro Jahr eine Einsparung von 4500 kWh (500 Franken) ergibt.

7. Ausblick

Die festgestellten Energiesparmöglichkeiten bei der Druckluftanlage in der untersuchten Schreinerei Schneebeli beschränken sich auf den Bereich Druckluftherzeugung. Trotz intensiver Suche konnten bei den Verbrauchern keine rentablen Sparmöglichkeiten gefunden werden. Die Optimierung von Druckluftanlagen in Gewerbebetrieben muss mit einfachen Standardmassnahmen erfolgen, zum Beispiel mit einer Checkliste. Bei Energiekosten für die Druckluft von 3000 Franken pro Jahr ist zuwenig Einsparpotential für die Finanzierung einer intensiven Beratung vorhanden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass eine Druckluftoptimierung Energieeinsparungen von 30 bis 50% ergeben kann. Diese Botschaft wird mit einem Fachartikel (*Anhang*) in einschlägigen Branchenorganen kommuniziert.

8. Quellenverzeichnis

- [1] R. Gloor: Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz, 2000
<http://www.energie.ch/themen/industrie/druckluft/>
- [2] R. Gloor: Wieviel Strom braucht eine Schreinerei, 1997
<http://www.energie.ch/themen/industrie/schreinerei/>
- [3] Wirkungsgradoptimierung der Druckluftherzeugung und -verteilung (Materialien zu RAVEL), Franz Müntst, EDMZ 724.397.21.54 D, BfK 1992
- [4] Energetischer Vergleich pneumatischer, hydraulischer und elektromechanischer Antriebs- und Werkzeugsysteme (Materialien zu RAVEL), Joachim E. Albrecht, EDMZ 724.397.12.56 D, BfK 1993
- [5] Energieeffizienz in Gewerbe- und industriellen Kleinbetrieben, Infel, Zürich 1999

9. Anhang (Fachartikel)

Druckluft optimieren und Kosten sparen

Durch einfache Einstellungen an der Druckluftanlage kann eine Schreinerei mit 20 Mitarbeitern pro Jahr 1000 Franken und mehr an Kosten sparen. Dafür sind weder Investitionen in Material noch eine teure Fachberatung nötig.

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

Eine Schreinerei verbraucht durchschnittlich etwa 5 % ihrer elektrischen Energie, um Druckluft zu erzeugen. Diese liefert Energie für pneumatische Handgeräte, versorgt Reinigungs- und Spritzpistolen mit strömender Luft, treibt Pneumatikzylinder von Maschinen an. Druckluft ist als bequeme und vielseitig einsetzbare Energieform aus einer modernen Schreinerei nicht mehr wegzudenken.

Doch 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.

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie haben wir Ende 2001 untersucht, wie sich die Druckluftanlage bei einem Möbelhersteller mit 22 Mitarbeitern (Schneebeli in Ottenbach) optimieren lässt. Dabei konnten wir mit einfachen Massnahmen die Energie um 30 % wirksamer einsetzen und so die Energiekosten pro Jahr um mehr als 1000 Franken senken.

Lecks suchen

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.

Regelmässige Wartung

Gut gereinigte Wärmetauscher und Ansaugfilter sparen Energie. Der Kompressor sollte in einem möglichst staubfreien und kühlen Raum stehen. Wenn nicht, sollte man wenn möglich mit einem Luftkanal saubere Aussenluft zuführen.

Wer technisches Verständnis hat, kann die folgenden Umstellungen mit Hilfe der Bedienungsanleitung selber machen. Andernfalls ist die nächste planmässige

Wartung eine gute Gelegenheit, sie durch den Servicemonteur machen zu lassen, und dabei zu lernen.

Start-Stop-Betrieb statt Dauerlauf

Läuft der Kompressor dauernd während der gesamten Arbeitszeit? Dann lohnt es sich, ihn auf Start-Stop-Betrieb umzustellen. Dabei läuft der Kompressor so lange unter Volllast, bis der obere Druckwert erreicht ist. Dann öffnet sich das Entlastungsventil, und der Kompressor läuft im Leerlauf weiter. Anstatt nun – wie im Dauerbetrieb – ständig weiterzulaufen, schaltet er nach einer bestimmten Nachlaufzeit ab. Falls keine grösseren Lecks vorhanden sind, lassen sich durch diese einfache Umstellung wahrscheinlich am meisten Kosten sparen.

Die Nachlaufzeit (nach dem Erreichen des oberen Druckwertes) hat den Zweck, den Motor vor zu häufigem Abschalten zu schützen. Je nach Anlage kann man auch sie etwas reduzieren, was weitere Energie spart.

Druck zwischen 6 und 8 bar

Der benötigte Druck hängt von der Art der Geräte ab, die Druckluft verbrauchen. Als Richtwert genügen für die meisten Anwendungen etwa 5 bar Überdruck, wobei der untere Druckwert auf etwa 6 bar und der obere auf etwa 8 bar eingestellt werden könnte. Bei zu hohen Druckwerten arbeitet der Kompressor in einem ungünstigen Lastbereich, und die Maschinen verbrauchen mehr Luft als nötig.

Schaltuhr optimieren

Teure Druckluft hat nur dann einen Sinn, wenn sie gebraucht wird. Es lohnt sich also, die Schaltuhr möglichst genau auf die zeitlichen Abläufe des Betriebs hin zu programmieren. Dazu ist es aber nötig, die Mitarbeiter detailliert zu instruieren, wie sie die Druckluftanlage ausserhalb der programmierten Arbeitszeiten manuell einschalten können.

Fazit

Obwohl die Druckluftanlage der von uns untersuchten Schreinerei in gutem Zustand war, haben wir ihren Energieverbrauch durch einfache Massnahmen um 30 % senken können. Bei weniger optimalen Anlagen ist das Sparpotential viel höher. Es lässt sich ohne Materialeinsatz und ohne teure Fachberatung umsetzen.



Abbildung 1) 5,5-kW-Schraubenkompressor und zwei Druckluftbehälter mit je 270 Liter Inhalt.

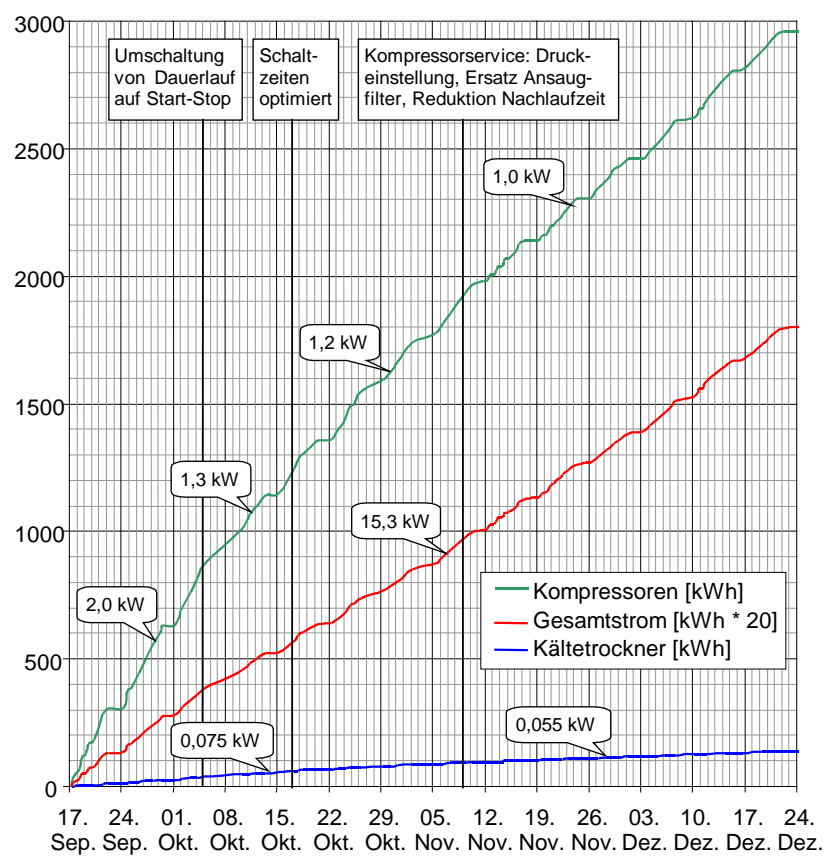


Abbildung 2) Stromverbrauch des Kompressors (obere Kurve), der gesamten Schreinerei (mittlere Kurve, umgerechnet auf Kosten) und des Kältetrockners (untere Kurve) vor und nach der Sanierung. Die Abflachung durch Umstellung auf Start-Stop ist beim Kompressor schon ohne Anlegen eines Lineals leicht zu erkennen.