

Schlussbericht, 15. Juli 2016

Bericht «Druckluftoptimierung»

Druckluftoptimierung
Textilveredler



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Rolf Gloor, Gloor Engineering

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern
Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Inhalt

1	Ausgangslage	4
2	Ergebnis	4
3	Druckluftanwendungen	5
4	Druckluftverteilung	7
5	Druckluftbereitstellung	8
5.1	Komponenten der Druckluftbereitstellung.....	9
5.2	Messungen.....	9
5.3	Liefermenge	12
5.4	Druckmessung	13
6	Auswertung	15
6.1	Optimierungsvorschläge	15

1 Ausgangslage

Firma:	Textilveredlung, etwa 40 Mitarbeiter
Produktion:	Veredeln und Färbung von Stoffen
Untersuchung:	2. Mai bis 29. Juni 2016
Druckluft:	2 Gebäude, Drehzahlvariabler Schraubenkompressor 22 kW, 57'000 kWh/a (6000 CHF/a)

2 Ergebnis

Die Druckluftanlage ist um den Faktor 3 bis 4 zu gross und über 75 % der Druckluft geht über Lecks verloren.

Druckluftanwendungen

Von den über 50 Produktionsmaschinen sind fast alle mit pneumatisch betriebenen Zylindern, Schiebern und Ventilen ausgerüstet. Viele Maschinen haben ein Handventil zum Abschalten der Druckluft, welche aber nicht konsequent benutzt werden. Der maximale Luftbedarf aller Produktionsmaschinen wird auf etwa 500 l/min geschätzt, im Durchschnitt 300 l/min inklusive Lecks in den Maschinen.

Nebst den Produktionsmaschinen sind in der Infrastruktur zahlreiche pneumatisch betriebene Schieber und Ventile vorhanden, welche teilweise auch ausserhalb der Arbeitszeit funktionsfähig sein müssen (Speisewasser Dampfkessel, Wasserenthärtung ...).

Die Einsatzzeit der wenigen Druckluftwerkzeuge (Hefter, Blasdüsen ...) ist sehr gering.

Mit dem Ultraschallgerät wurde 22 Lecks, davon 4 grosse, entdeckt. Weitere Lecks werden hinter den Absperrventilen an den Maschinen vermutet.

Druckluftverteilung

Im Kompressorraum wird der 470 Liter Speicher eines nicht mehr benutzten Kolbenkompressors verwendet. Aus dem Raum führt eine verzinkte 1 Zoll Leitung und weitere 8 Leitungen mit 6 bis 20 mm Durchmesser in verschiedene Räume. In einem weit entfernten Raum ist ein 1000 Liter Speicher angeschlossen. Einige Druckluftleitungen werden an der Fassade geführt (Frostgefahr).

Mit dem Ultraschallgerät wurden keine Leckstellen in der Verteilung entdeckt.

Druckluftbereitstellung

Es sind 2 Kompressoren mit 22 kW Leistung installiert. Der neuere ist drehzahl geregelt und läuft praktisch nur am unteren Ende im Druckband 5.9 bar auf 6.9 bar. Der Kompressor hat in diesem Betriebsbereich einen Wirkungsgrad von nur 24 % (230 Wh/m³). Der alte nicht geregelte Schraubenkompressor läuft jeweils Samstag und Sonntag von 9 bis 19 Uhr zwischen 5.8 und 7.9 bar und hat einen Wirkungsgrad von 35 % (150 Wh/m³).

Der grosse Kältetrockner ist für eine Luftmenge von 5400 l/min gebaut und konsumiert durchschnittlich 0.76 kW (6700 kWh/a). Der für einen Teil des Druckluftnetzes eingesetzte Adsorbtionstrockner wird erst im Sommer abgestellt.

Vor dem Kältetrockner ist ein Grobfilter, dahinter ein Feinfilter, beide sind im grünen Bereich.

Die Abwärme des Hauptkompressors wird über einen Luftkanal zum Aussenraum mit einem Natronlaugentank geführt und somit in der kalten Jahreszeit genutzt.

Zusammenfassung

Die Summe der bereitgestellten Druckluftmenge konnte den Druckluftanwendungen und den Lecks zugeordnet werden.

Das Optimierungspotential beträgt etwa 75 % bei einer Rückzahldauer von etwa 5 Jahren.

3 Druckluftanwendungen

Im Betrieb sind über 200 pneumatisch betriebene Ventile, Kugelhähne und Drehschieber vorhanden. Da diese nur sporadisch (einmal pro Viertelstunde bis einmal pro Tag) betätigt werden, ist der Luftverbrauch gering.

Die grössten Leckstellen wurden direkt an den Pneumatikgeräten gefunden.



Foto 1: Eine Färbemaschinen mit vielen pneumatischen Ventilen.



Foto 2: Schieber an der Anlage zur Wasserenthärtung. Aus der Unterseite des Antriebes entweicht viel Luft, wenn der Schieber offen ist.



Foto 3: Schieber an der Sandfilteranlage. Aus dem Ventilblock strömt dauern viel Luft



Foto 4: Pneumatisch betriebene Pumpen. Jede Pumpe läuft etwa für 1 Stunde pro Tag.

Daneben gibt es 5 druckluftbetriebene Türen und einige Druckluftzylinder, welche aber auch nicht viel Luft brauchen, aber teilweise grosse Lecks haben.



Foto 5: Druckluftzylinder am Spanrahmen.
Das Leck hört man von weitem.



Foto 6: Verriegelungsbolzen. Die
Kolbendichtung ist defekt.

4 Druckluftverteilung

Im Kompressorraum wird der 470 Liter Speicher des alten Kolbenkompressors gebraucht. Die Verteilung erfolgt über eine verzinkte 1 Zoll Leitung und weitere 8 Leitungen mit 6 bis 20 mm Durchmesser. Über die Verteilung sind keine Pläne vorhanden, der Betrieb wurde immer wieder erweitert und umgebaut.

Ein 1000 Liter Druckluftspeicher befindet sich in etwa 40 m Entfernung an der 1 Zoll Leitung.



Foto 7: Kältetrockner (rot), Adsorptionstrockner (blau), Kolbenkompressor mit Speicher (grün) und an der Wand die Hauptverteilung mit den 9 Abgängen.

5 Druckluftbereitstellung



Foto 8: Kompressorraum. Links der alte 22 kW Schraubenkompressor (rot), rechts der neue drehzahlvariable 22 kW Schraubenkompressor (blau).

5.1 Komponenten der Druckluftbereitstellung

Neuer Kompressor:	22 kW, 0.8 bis 4.1 m ³ /min, 5000 h/a, Baujahr 2008 98% der bisherigen Betriebszeit auf 20 - 40% der Maximalleistung 2% der bisherigen Betriebszeit auf 40 - 60% der Maximalleistung 0% der bisherigen Betriebszeit mit mehr als 60% der Maximalleistung
Alter Kompressor:	22 kW, 1000 h/a, Baujahr 1990, läuft Sa und So von 9 bis 19 Uhr
Kolbenkompressor:	7.5 kW nicht mehr in Betrieb, Kessel 470 Liter das Kondensat wird jeweils am morgen manuell abgelassen
Kältetrockner:	für 5.2 m ³ /min, Nennleistung 1 kW, gemessene durchschnittliche Leistungsaufnahme 0.76 kW (6700 kWh/a) eingebauter automatischer Kondensatablass
Adsorptionstrockner:	für 0.2 m ³ /min bei -40 °C, Baujahr 2014
Grob- und Feinfilter:	Eingebaut in Hin- und Rückleitung zum Kältetrockner zeitgesteuerter Kondensatablass (jede 2. Stunde)

Abwärmennutzung

Lüftungskanal zum Natronbehälter in einem angrenzenden Aussenraum.

Mit 4.5 kW durchschnittlicher Kompressorleistung (8 kW während der Arbeitszeit) ist ein Einbau in das vorhandene Wärmerückgewinnungssystem des Betriebes unrentabel, vor allem dann, wenn die Leckverluste reduziert werden.

5.2 Messungen

Die Stromaufnahme wurde mit einem Fluke 3001 FC am Kompressor gemessen. Die Leistungsaufnahme wurde mit einem Fluke 1738 auch am Kompressor gemessen. Entgegen der üblichen Erwartung, dass ein Asynchronmotor mit Frequenzumrichter einen Leistungsfaktor von nahezu 1 (keine Blindleistung) hat, wurde festgestellt, dass der Leistungsfaktor wie bei einem Motor bei etwa 0.84 liegt.

Die Druckmessung wurde an einem Anschluss im Kompressorraum durchgeführt. Der Drucksensor misst den Absolutdruck in mbar. Messgerät MSR 145.

Die Durchflussmessung wurde in der 1-Zoll Leitung nach dem Kältetrockner eingebaut. Das verwendete Messgerät ist ein VA520 von CS-Instruments. Im gleichen Pfad wurde noch ein 1-Zoll Durchflussgerät von smc eingebaut, welches etwa 8% geringere Durchflussmesswerte anzeigte, wahrscheinlich, weil seine Auslaufstrecke zu kurz war.

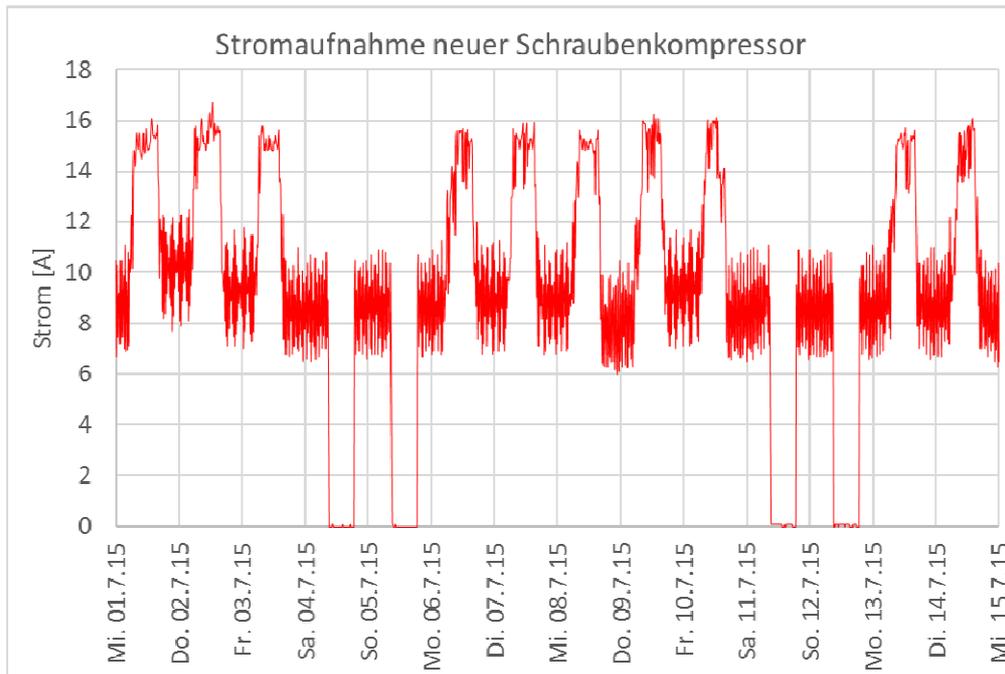


Abbildung 1: Stromaufnahme des neuen 22 kW Schraubenkompressors über 2 Wochen (Auflösung 15 Minuten)

Aus der Abbildung 1 sieht den Unterbruch an den Wochenenden, in denen der alte Kompressor läuft. Da die Schaltintervalle ausserhalb der Arbeitszeit kleiner als das Messintervall ist, wird der durchschnittliche Stromverbrauch dargestellt.

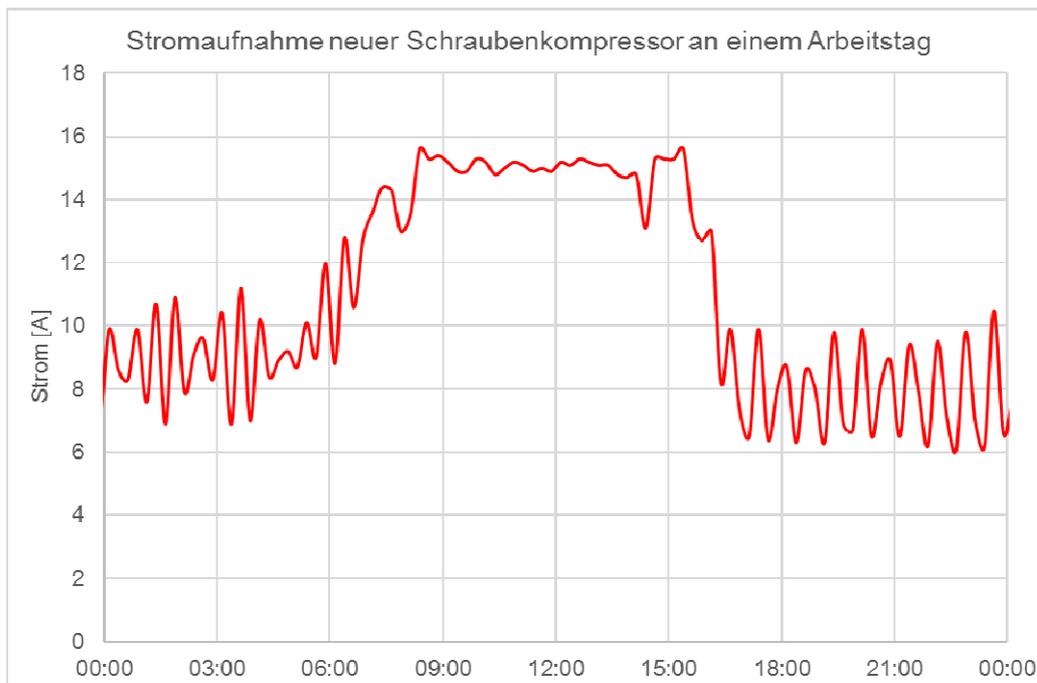


Abbildung 2: Stromaufnahme des neuen 22 kW Schraubenkompressors an einem Arbeitstag (Auflösung 15 Minuten)

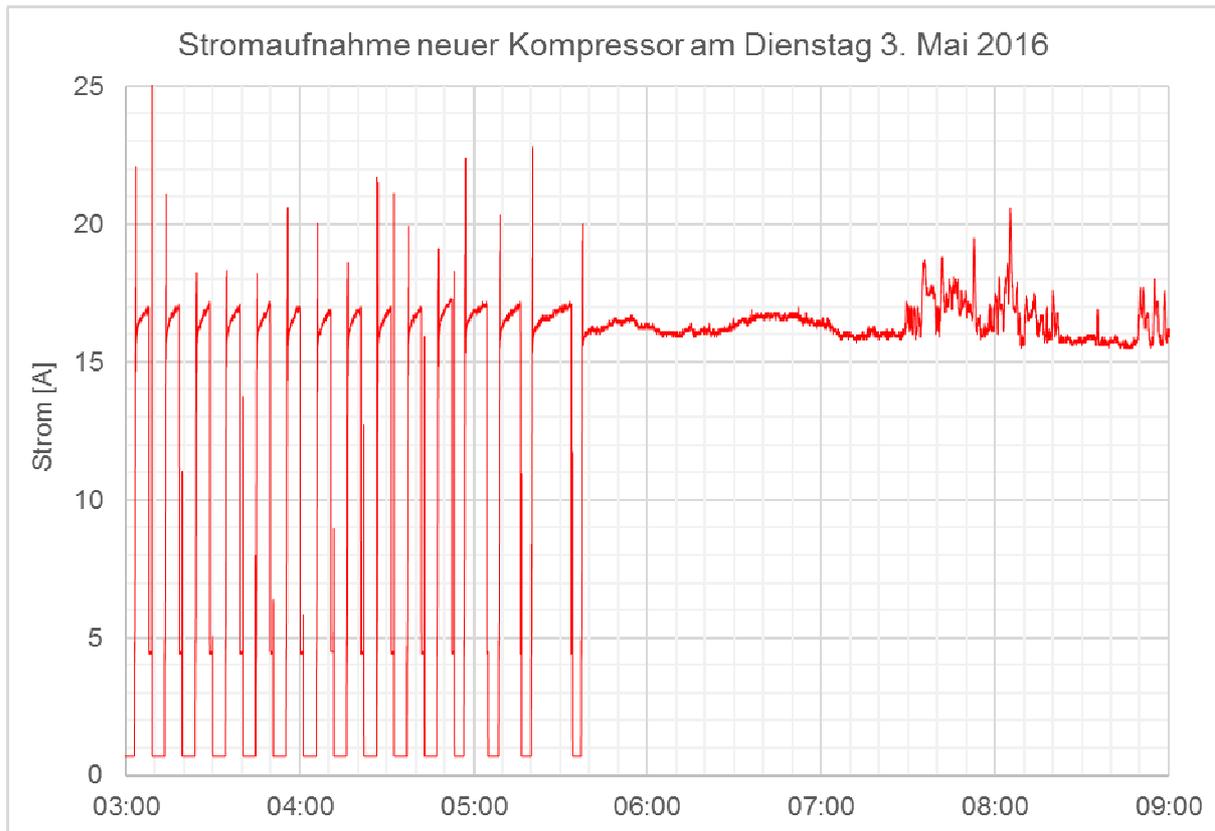


Abbildung 3: Stromaufnahme des neuen 22 kW Kompressors an einem Morgen (Auflösung 1 s)

In der Abbildung 3 ist erkennbar, dass die Stromaufnahme den Wert von 20 A nur beim Anlauf kurz überschritten wird. Der Kompressor läuft immer im Bereich der niedrigsten Drehzahl. Ausserhalb der Arbeitszeit steht er dann jeweils für einige Minuten.

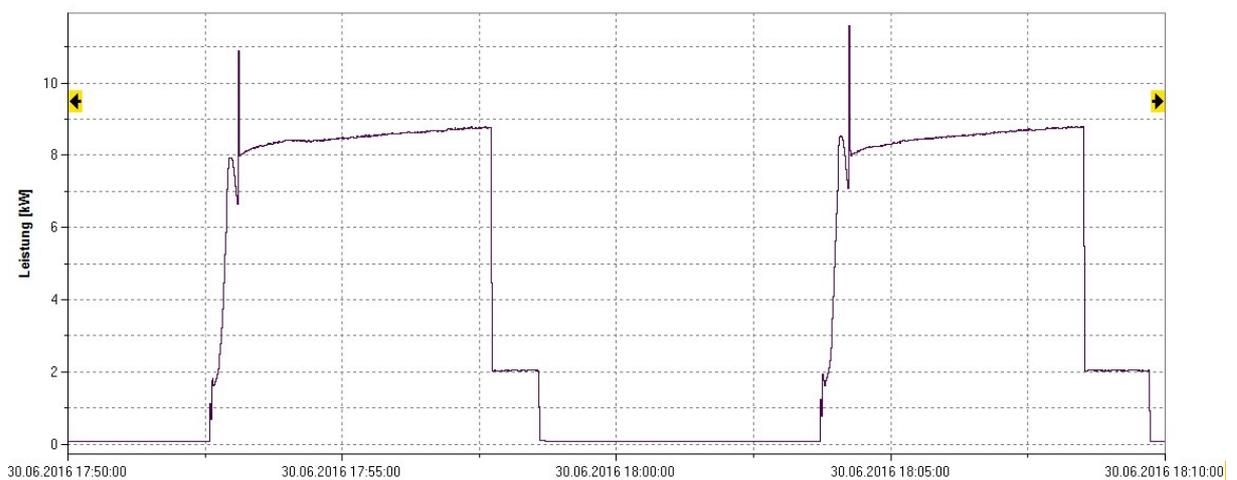


Abbildung 4: Leistungsaufnahme des neuen Kompressors ausserhalb der Arbeitszeit (Auflösung 1 s)

Abbildung 4 zeigt den leichten Anstieg der Leistungsaufnahme mit zunehmendem Druck von 8 kW auf 8.7 kW über 270 Sekunden und dann den anschließenden Leerlauf mit 2 kW über 60 Sekunden. Über eine Zykluszeit von etwa 11 Minuten beträgt die durchschnittliche Leistungsaufnahme um die 4.2 kW.

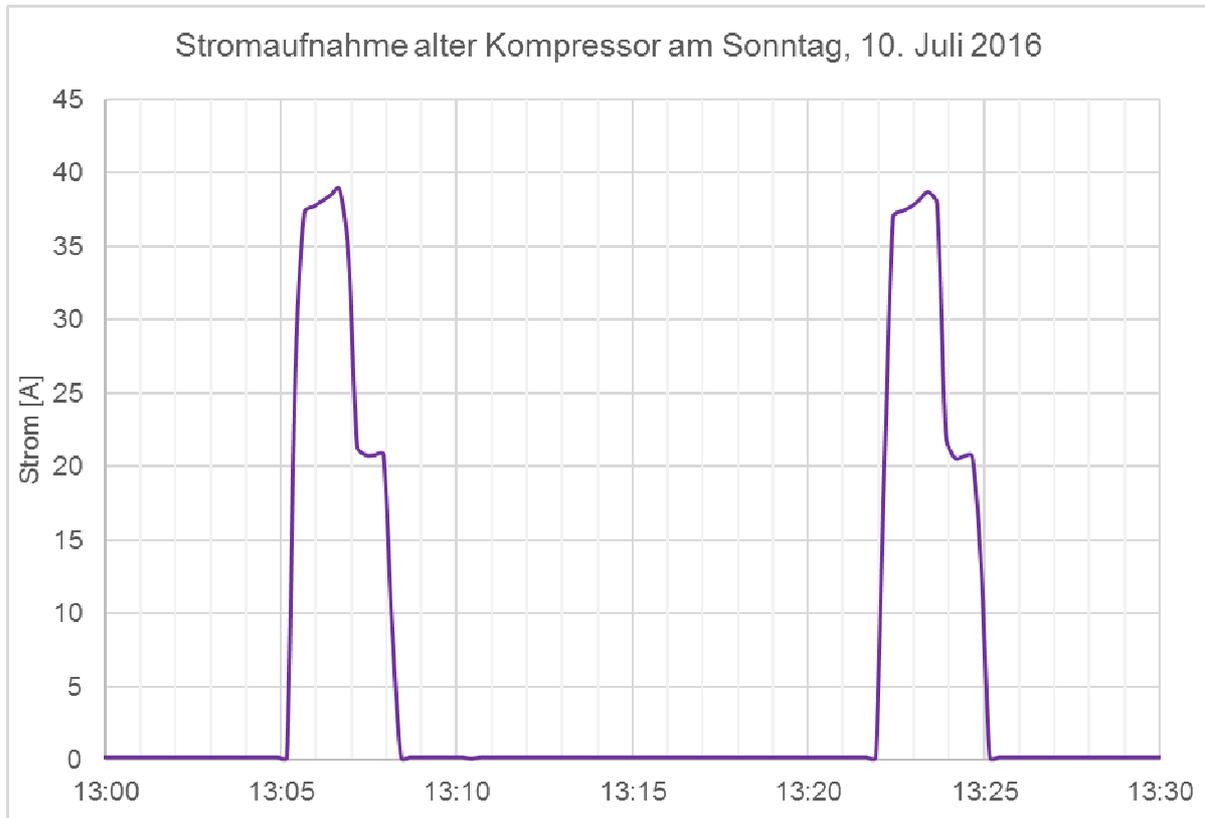


Abbildung 5: Stromaufnahme des alten Kompressors am Wochenende (Auflösung 1 s)

Abbildung 5 zeigt die Stromaufnahme des alten Kompressors am Wochenende. Mit einem Leistungsfaktor von 0.85 ergibt das eine maximale Leistung von 22 kW (die Nennleistung des Kompressors) über 90 Sekunden. In der kurzen Nachlaufzeit von etwa 60 Sekunden nimmt der Kompressor etwa 10 kW Leistung auf. Über eine Zykluszeit von 17 Minuten beträgt die durchschnittliche Leistungsaufnahme somit rund 2.6 kW, deutlich weniger als der neue Kompressor mit 4.2 kW (Abbildung 4).

5.3 Liefermenge

Abbildung 6 zeigt die Liefermenge des neuen Kompressors nach dem Speisen des 470 Liter Druckkessels unter dem Kolbenkompressor. Bei geschlossenem Speicher stieg die maximale Liefermenge aus dem Kompressor auf 610 l/min an. Bei einer Leistungsaufnahme von 8.5 kW ergibt das eine spezifische Leistung von 36 m³ pro Stunde mit 8.5 kWh Strom (230 Wh/m³), was einen Wirkungsgrad von 24 % gegenüber der idealen isothermen Verdichtung ergibt. Das ist sehr schlecht.

Die Leckmenge konnte über diese Messeinrichtung nicht genau bestimmt werden, da der entfernte 1000 Liter Druckluftbehälter nicht von Netz abgetrennt werden konnte. Am 470 Liter Druckkessel gemessen, gab es etwa 100 Liter pro Minute Luftverlust, an 1000 Liter Behälter würde es etwa das Doppelte sein, was Zusammen rund 300 Liter pro Minute ergibt.

In der Abbildung 6 sieht man auch, dass zwischen 18:30 und 18:55 rund 8 m³ die Messstelle passierten. Das gibt einen Durchschnitt von 320 Liter pro Minute.

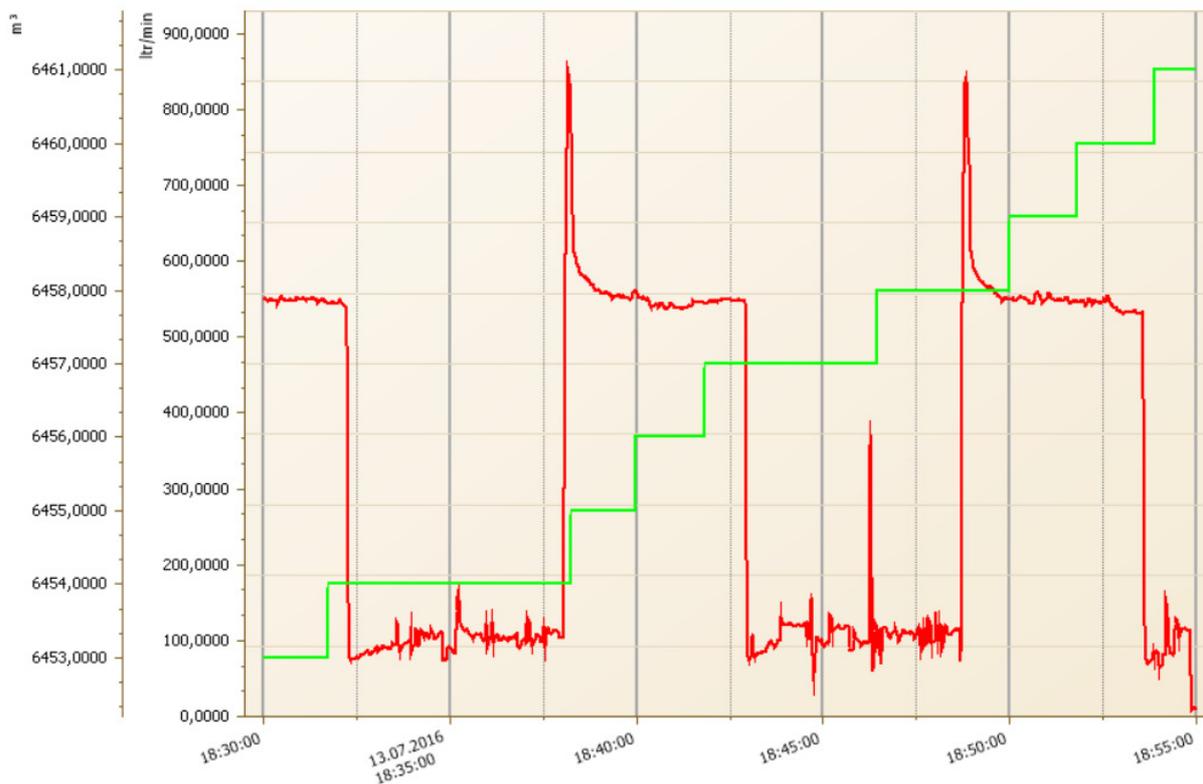


Abbildung 6: Liefermenge ausserhalb der Arbeitszeit am Ausgang des Kältetrockners gemessen. rot = Luftverbrauch in l/min, grün = summierter Luftverbrauch in m³.

5.4 Druckmessung

Der Verlauf des Netzdruckes wurde mit einer Drucksonde, welche den Absolutdruck misst, in der Druckluftzentrale aufgezeichnet.

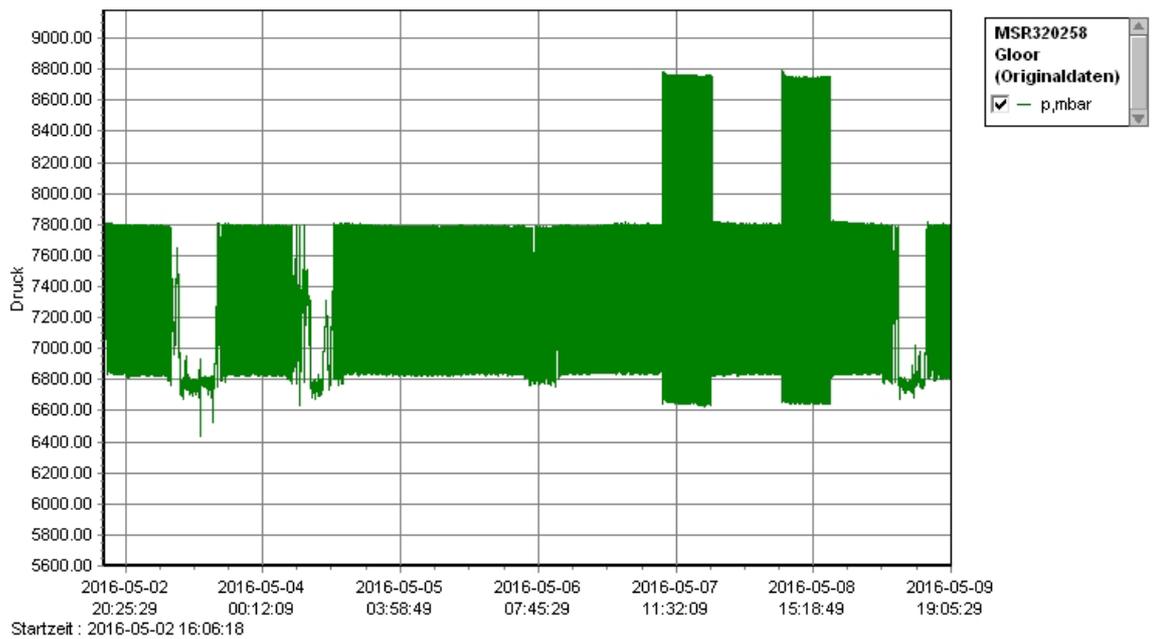


Abbildung 7: Netzdruck in mbar absolut über eine Woche.

Der neue Kompressor hat ein Druckband von 5.9 bar auf 6.9 bar, der alte Kompressor 5.8 bar auf 7.9 bar.

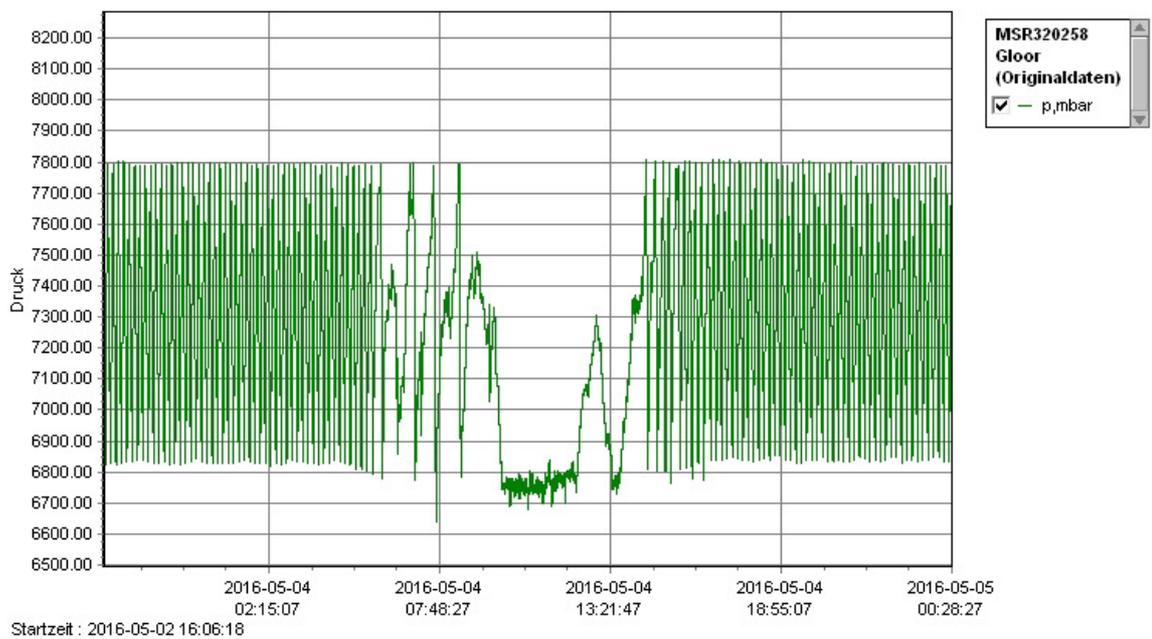


Abbildung 8: Netzdruck in mbar absolut über einen Arbeitstag

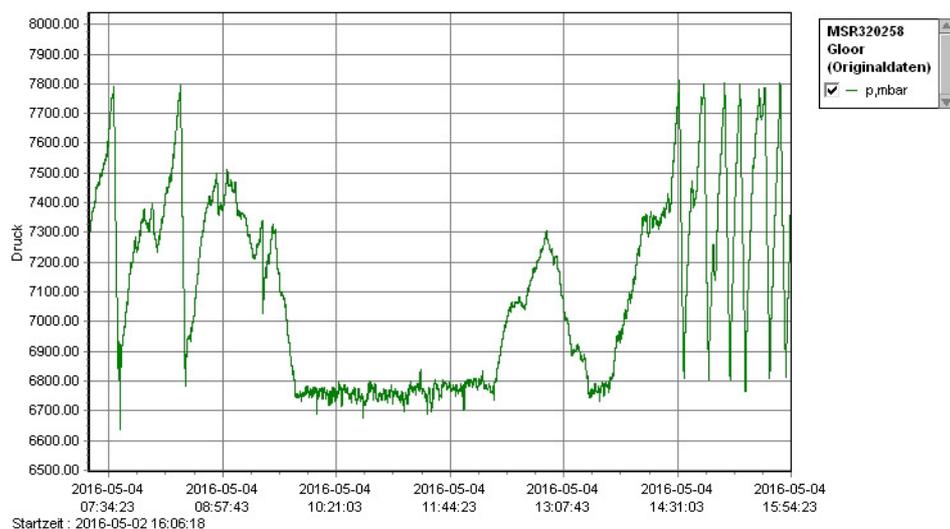


Abbildung 9: Netzdruck in mbar absolut über die Arbeitszeit.

In den Abbildungen 8 und 9 sieht man, dass der Netzdruck während der Hauptarbeitszeit nur minimal schwankt. Die Druckregelung des drehzahlvariablen Kompressors funktioniert gut.

6 Auswertung

Luftverbrauch ausserhalb der Arbeitszeit (vorwiegend Leck) etwa 300 Liter pro Minute.

Luftverbrauch während der Arbeitszeit (Leck und Arbeit) etwa 650 Liter pro Minute, daraus Luftverbrauch für Arbeit (mit Leck hinter Maschinenventil) etwa 350 Liter pro Minute.

<i>Bereich</i>	<i>Luftverbrauch</i>	<i>Dauer</i>	<i>Leistung</i>	<i>Energie</i>
Dauerleck	300 l/min	8760 h/a	4.2 kW	37'000 kWh/a
Arbeit	350 l/min	2000 h/a	5.0 kW	10'000 kWh/a
Adsorptionstrockner	60 l/min	4000 h/a	0.8 kW	3'000 kWh/a
Kältetrockner		8760 h/a	0.8 kW	7'000 kWh/a
Jahr	710 l/min		9.0 kW	57'000 kWh/a

Tabelle 1: Abschätzung Luft- und Energieverbrauch.

6.1 Optimierungsvorschläge

1. Beheben der Leckstellen
2. Automatische Absperrventile an den Maschinen
3. Energieeffizienter drehzahlvariabler 5.5 kW Schraubenkompressor

4. Energieeffizienter Kältetrockner für etwa 900 l/min
5. Permanente Messung der Leistungsaufnahme der Druckluftanlage

Gesamtkosten etwa 10'000 bis 15'000 Franken, Einsparung 3000 bis 4000 Franken pro Jahr

<i>Bereich</i>	<i>Luftverbrauch</i>	<i>Dauer</i>	<i>Leistung</i>	<i>Energie</i>
Dauerleck	60 l/min	8760 h/a	0.5 kW	5'000 kWh/a
Arbeit	250 l/min	2000 h/a	2.0 kW	4'000 kWh/a
Adsorptionstrockner	60 l/min	2000 h/a	0.5 kW	1'000 kWh/a
Kältetrockner		8760 h/a	0.3 kW	3'000 kWh/a
Jahr	370 l/min		4.0 kW	13'000 kWh/a

Tabelle 2: Möglicher Luft- und Energieverbrauch nach Optimierung