

Schlussbericht, 30. Dezember 2016

Bericht «Druckluftoptimierung»

Druckluftoptimierung Giesserei



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 und Empfehlungen	4
3	Druckluftanwendungen	6
3.1	Absauganlagen	6
3.2	Sandtransportanlage Gericke	7
3.3	Sandformanlage.....	9
3.4	Kernformanlage.....	9
3.5	Pfannenvorwärmung	10
3.6	Druckluftwerkzeuge in Guss-Putzerei.....	11
3.7	Formenbau mit CNC-Fräsmaschinen	12
4	Druckluftverteilung	13
4.1	Bestimmung der Leckverluste am Samstag	14
4.2	Bestimmung der Leckverluste über Mittagspause.....	16
5	Druckluftbereitstellung	17
5.1	Abwärmennutzung	18
5.2	Druckmessung	19
5.3	Leistungsmessung Kompressor 2.....	19
5.4	Leistungsabschätzung Kompressor 1	21
6	Auswertung	23
6.1	Luftverbrauch der Anwendungen.....	23
6.2	Bereitstellung der Druckluft und Energieverbrauch	24

1 Ausgangslage

Firma:	Eisengiesserei, etwa 30 Mitarbeiter
Produktion:	Grauguss- und Sphäroguss, eigener Modellbau
Arbeitszeit:	07:00 bis 11:50 und 13:30 bis 16:50
Untersuchung:	1. Juni bis 27. Dezember 2016
Druckluft:	2 Schraubenkompressoren 37 kW und 44 kW, 115'000 kWh/a (15'000 CHF/a)

2 Ergebnis und Empfehlungen

Das Druckluftsystem weist keine grossen Mängel auf.

Druckluftanwendungen

Die Druckluftwerkzeuge in der Putzerei verbrauchen über einen Drittel der Druckluft (10 bis 30 kW Kompressorleistung). Elektrisch betriebene Handwerkzeuge (zum Beispiel solche mit einer flexiblen Welle) würden nur 2 bis 5 kW elektrische Leistung benötigen. Einsparung von etwa 25'000 kWh (3000 Franken) im Jahr.

Zur Reduktion des maximalen Druckluftverbrauchs sollte der Betrieb der beiden Sandtransportanlagen auf die Mittagspause und auf das Schichtende gelegt werden.

Bei der Sand- und Kernformanlage sollte der Luftverbrauch einmal gemessen werden und ein Versuch mit einem geringeren Druck durchgeführt werden.

Druckluftverteilung

Die beiden Druckluftspeicher mit total 3 m³ Volumen und die Hauptleitungen mit 2 Zoll Durchmesser sind genügend gross. Bei Gelegenheit sollte das Verteilnetz zu einem Ringsystem ausgebaut werden und Euro-Schnellkupplungen mit grösserer Nennweite als 5,5 mm eingebaut werden.

Die am Samstag gemessene Leckmenge von 240 l/min ist gering. Ein Leck mit 70 l/min wurde bei der im Aussenraum liegenden Sandtransportanlage gemessen. Weitere Leckstellen wurden im Bereich der Schnellkupplungen in der Putzerei (Foto 15) und an der Säule beim Vakuumguss, in der Leitung über der Pfannenvorwärmung (Foto 16) sowie am Trichter über der Kernformanlage und am Hubzylinder bei der Sandformanlage gehört.

Druckluftbereitstellung

Die derzeitige Wahl des 37 kW Kompressors 2 als Hauptkompressor ist richtig. Das Druckband mit 7.6 auf 8.6 bar ergibt eine gute Auslastung (Abbildung 9 und 10) über die Betriebszeit.

Die Druckluftanlage ist nicht redundant. Beim Ausfall eines Kompressors kann der Netzdruck kurzzeitig auf unter 6 bar sinken, was wahrscheinlich bei den CNC-Fräsmaschinen zu einer Störung (Druckwächter) führt.

Der Betreuer der Druckluftanlage ist sich bewusst, dass eine Nachlaufzeit von 10 Minuten des alten 45 kW Kompressors 1 sehr lange ist. Dadurch soll aber seine Lebensdauer verlängert werden.

Bei einem zukünftigen Ersatz der Kompressoranlage bei unverändertem Luftverbrauch könnte mit einem drehzahlvariablen 55 kW Kompressor auch die Spitze abgedeckt werden und der Kompressor würde die meiste Zeit im Bereich des besten Wirkungsgrades (etwa in der Hälfte der Nennleistung) arbeiten.

Ausser den beiden Kältetrocknern gibt es für das Netz weder Grob- noch Feinfilter. Das Öl im Kondensat aus den Kältetrockner wird in einem Separator vom Wasser getrennt.

Für die beiden CNC-Fräsmaschinen, welche auch ausserhalb der Arbeitszeit laufen, könnte eine eigene kleine Druckluftanlage mit Kältetrockner installiert werden. Dadurch könnten auch die beiden grossen Kältetrockner ausserhalb der Arbeitszeit abgestellt werden (Einschalten etwa eine halbe Stunde vor Schichtbeginn). Einsparung von etwa 15'000 kWh (2000 Franken) im Jahr.

Zur dauernden Überprüfung der Druckluftanlage sollte für den Kompressorraum ein eigener Stromzähler installiert werden.

Zusammenfassung

Das Optimierungspotential beträgt rund 30 % (5000 Franken pro Jahr) bei einer Rückzahldauer von etwa 6 Jahren.

3 Druckluftanwendungen

3.1 Absauganlagen

In der Giesserei hat es 4 Absauganlagen (Donaldson), welche eine pneumatische Filterabreinigung haben. Auf Grund der Erfahrung mit anderen Absauganlagen wurde ein grosser Druckluftverbrauch vermutet. Zur Überprüfung wurde der Luftverbrauch der Absauganlage für die Putzerei gemessen (Abbildung 1), da die durch die eisenhaltige Abluft am stärksten belastet ist und die Filterpatronen jährlich gewechselt werden. Bei den übrigen Anlagen liegt die Standzeit der Filterpatronen bei 5 Jahren.



Foto 1: Lüftungsanlagen für die Putzerei.



Foto 2: Ventile für Filterabreinigung

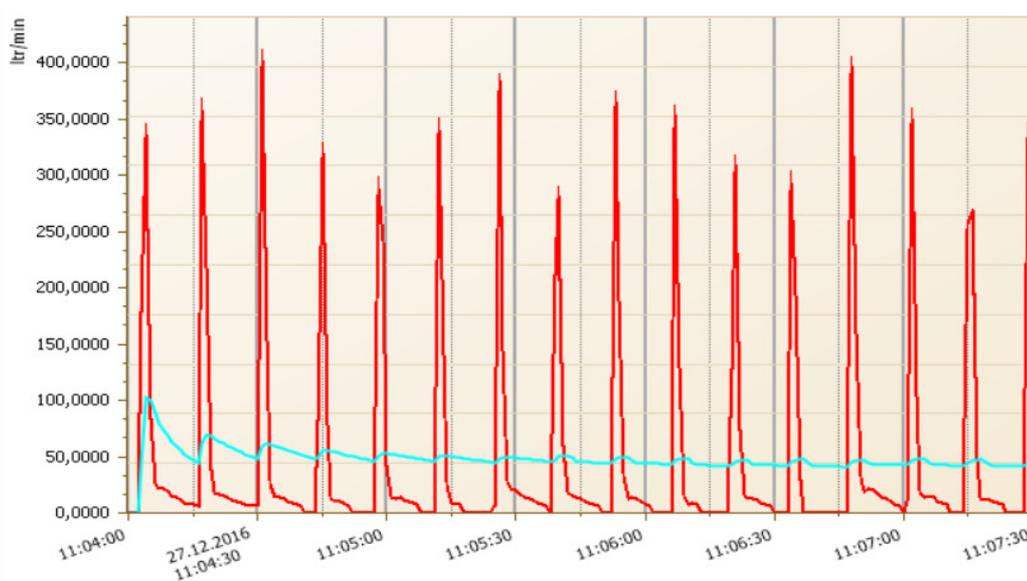


Abbildung 1: Luftverbrauch in Liter pro Minute für die Abreinigung der Absauganlage Putzerei. (rot: Luftverbrauch, blau: gleitender Mittelwert). Durchflussmessgerät CS Instrument VA520 mit 1 Zoll Messrohr.

Der gemessene Druckluftverbrauch der Absauganlage für die Putzerei liegt bei durchschnittlich 50 Liter pro Minute (Abbildung 1) mit einer Spitze von 400 Liter pro Minute. Der Abreinigungszyklus beträgt 14 Sekunden, pro Druckstoss wird also rund 12 Liter Ansaugluft verbraucht, was ein sehr guter Wert ist. Die Hochrechnung auf die übrigen 3 Absauganlagen wird in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Absauganlage Anzahl Düsen	Betriebszeit 240 Tage pro Jahr		Zykluszeit Zyklenzahl	Luftverbrauch	
Sandaufbereitung 18 Düsen	06:30 – 12:30 13:15 – 17:00	2300 h/a	10 s 830'000 /a	70 l/min	10'000 m³/a
Vakuumanlage 9 Düsen	07:00 – 18:00	2600 h/a	25 s 370'000 /a	30 l/min	4'500 m³/a
Putzerei 6 Düsen	07:00 – 12:15 13:30 – 17:00	2100 h/a	14 s 540'000 /a	50 l/min	6'500 m³/a
Ofen 3 Düsen	Handschtaltung	1000 h/a	60 s 60'000 /a	10 l/min	1'000 m³/a
Summe		8000 h/a	1'800'000 /a	160 l/min	22'000 m³/a

Tabelle 1: Zusammenstellung Luftverbrauch der 4 Absauganlagen.

Ob die anderen 3 Absauganlagen, welche vom gleichen Typ sind, auch einen derart geringen Luftverbrauch haben, wurde nicht überprüft. Ein Auslösen der Abreinigung beim Überschreiten des Differenzdruckes der Filter hat sich laut der Erfahrung des Betreuers der Anlage als untauglich erwiesen.

3.2 Sandtransportanlage Gericke

Im Betrieb hat es 2 pneumatische Sandtransportanlagen (Foto 3), welche pro Tag etwa 2 Tonnen frischen Sand in die Sandsilos fördert. Jede läuft etwa 30 Minuten pro Tag und arbeitet mit 4 bar Druck.



Foto 3: Pneumatischer Sandtransport

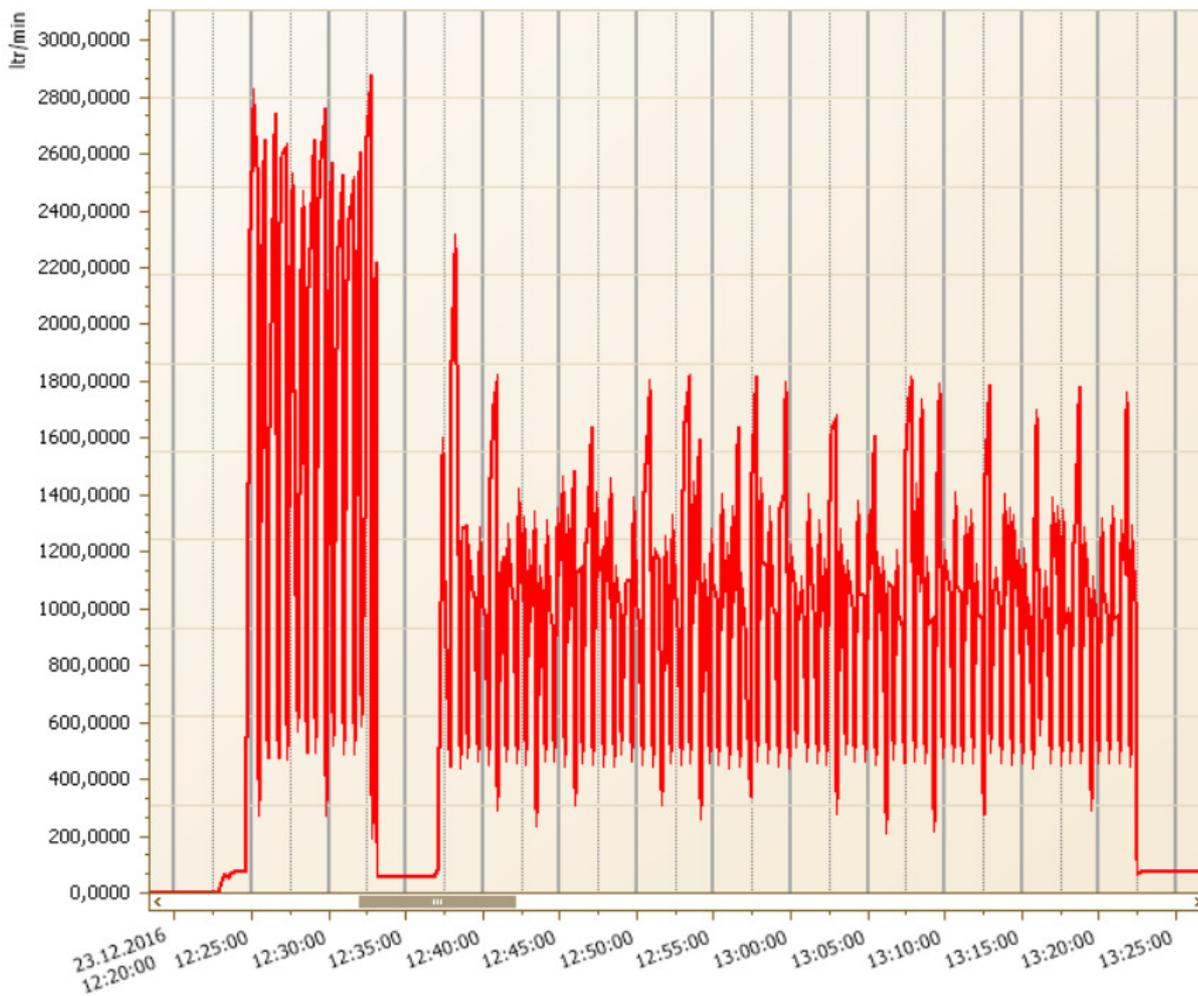


Abbildung 2: Luftverbrauch der Sandtransportanlage. Durchflussmessgerät CS Instrument VA520 mit 1 Zoll Messrohr.

Bei der Messung des Luftverbrauchs (Abbildung 2) war von 12:25 bis 12:32 der Druck auf 4.5 bar eingestellt, was einen maximalen Luftverbrauch von 2800 Liter pro Minute ergab. Dann von 12:37 bis 13:22 wurde der Druck auf 3 bar eingestellt, was den maximalen Luftverbrauch auf 1800 Liter pro Minute reduzierte. Der Mittelwert liegt bei 1000 Liter pro Minute, die Leckmenge der Installation beträgt 70 Liter pro Minute.

Die Blasdauer beträgt 7 Sekunden, die Zykluszeit 40 Sekunden. Für den Transport von 1.5 m³ (2 Tonnen) Sand über 30 m und 5 m Höhe wäre theoretisch eine Energie von 100 kJ erforderlich, über die Laufzeit von einer Stunde ergibt das etwa 30 W Dauerleistung. Der Druckluftkompressor benötigt dafür eine Leistung von rund 8 kW.

Zur Reduktion der maximal benötigten Luftmenge während der Arbeitszeit sollten die beiden Sandförderanlagen nur während der Mittagspause oder nach Schichtende betrieben werden.

3.3 Sandformanlage

In der Sandformanlage (Foto 4) wird Sand in den Behälter mit der Gussform eingebracht. Damit der Sand gut rieselt, wird bei der Befüllung über 6 Ventile Druckluft mit 4 bar Druck eingeblasen. Pro Arbeitstag werden etwa 120 Formen hergestellt. Das Volumen im Zylinder beträgt etwa 2 m³, der Druckluftanschluss erfolgt über eine 1½ Zoll Leitung. Als mögliche Optimierungsmassnahme könnte eine Druckabsenkung auf 3 bar geprüft werden.



Foto 4: Sandformanlage.

3.4 Kernformanlage

Die Kernformanlage (Foto 5) funktioniert ähnlich wie die Sandformanlage, sie ist aber kleiner.



Foto 5: Kernformanlage Bicolor.

3.5 Pfannenvorwärmung

Die Vorwärmung der frisch ausgekleideten Gusspfannen erfolgt mit einem Brenner, welcher einen Erdgas- und einen Druckluftanschluss hat (Foto 6). Die Anlage läuft etwa 1 Stunde pro Tag und wird mit einem Druck von 5 bar betrieben. Die Messung mit dem Durchflussgerät VA520 hat folgenden Luftverbrauch ergeben: 5 bar Druck 360 Liter pro Minute, 4 bar Druck 270 Liter pro Minute und 6 bar Druck 420 Liter pro Minute.



Foto 6: Verteilung von Erdgas und Druckluft für die beiden Pfannenvorwärmheizungen.

3.6 Druckluftwerkzeuge in Guss-Putzerei

In der Putzerei sind 6 Mitarbeiter beschäftigt. Mit schweren Handwerkzeugen werden an den rohen Gussteilen die Einguss- und Speiser-Trichter abgetrennt und verputzt.



Foto 7: Arbeitsplatz in der Guss-Putzerei.



Foto 8: Pneumatischer Winkelschleifer.



Foto 9: Messungen des Luftverbrauchs von Werkzeugen
Messgerät: CS Instrument VA 520 1 Zoll Messtrecke.



Foto 10: Modifizierte Blaspistole mit
abgesägtem Blasrohr.

Der Luftverbrauch bei einem Druck um 7 bis 8 bar wurde von folgende Druckluftwerkzeugen gemessen:

Werkzeug	Messung		Prospektangaben		
	Leerlauf	Teillast	Leerlauf	Volllast	Leistung
Winkelschleifer GT 40	1200 l/min	1840 l/min	1200 l/min	3600 l/min	4.5 kW
Winkelschleifer GT 25	580 l/min	1400 l/min	540 l/min	2040 l/min	2.5 kW
Stabschleifer LSL 28	1000 l/min	1200 l/min	660 l/min	1110 l/min	0.9 kW
Blaspistole cejn 208 mod.	595 l/min		500 l/min		

Tabelle 2: Zusammenstellung Luftverbrauch von 3 Druckluftwerkzeugen und einer Blaspistole.

In der Putzerei sind auch einige elektrisch betriebene Werkzeuge vorhanden, die aber eine geringere Leistung und Standzeit haben. Die in den elektrischen Handwerkzeugen verwendeten Universalmotoren haben Kollektoren, welche in der eisenhaltigen Luft schnell abgenutzt sind. Als energieeffiziente Alternative sollte der Einsatz von Handwerkzeuge mit flexibler Welle geprüft werden. Deren Antriebsmotoren sind vor Verschmutzung geschützt.

3.7 Formenbau mit CNC-Fräsmaschinen

Für die Herstellung der Formen für die Gussteile hat es in der Giesserei zwei grosse computer-gesteuerte Fräsmaschinen, welche teilweise rund um die Uhr laufen. Beide Maschinen benötigen Druckluft und sind dadurch die Ursache, dass die Druckluftanlage bei Bedarf auch ausserhalb der Arbeitszeit in Betrieb ist.

Die grössere CNC-Fräsmaschine hat am Drucklufteingang ein automatisches Ventil (Foto 11), welche die Anlage im abgeschalteten Zustand vom Druckluftnetz trennt. Die kleinere CNC-Fräsmaschine hat ein Handventil, welches kaum benutzt wird. Obwohl diese schon seit Wochen nicht mehr in Betrieb war, wurde dort am 23. Dezember 2016 bei der Lecksuche in der Druckluftverteilung Leckgeräusche gehört (Foto 12), welche nach dem Schliessen des Handventils verstummen.



Foto 2: Druckluftverteilung grossen CNC-Fräsmaschine.



Foto 3: Lecksuche an der kleinen CNC-Fräsmaschine (Messgerät CS Instruments LD 400).

4 Druckluftverteilung

Die Druckluftverteilung in Stichleitungen besteht aus verzinkten Stahlrohren mit 2 bis 1½ Zoll Durchmesser. Es gibt 2 Druckluftspeicher, einen mit 1000 Liter und einen mit 2000 Liter Inhalt.



Foto 4: 1000 Liter Druckluftspeicher (liegend).



Foto 5: 2000 Liter Druckluftspeicher (stehend).



Foto 6: Leckstellen bei der Druckluftverteilung und den Anschlüssen in der Putzerei.

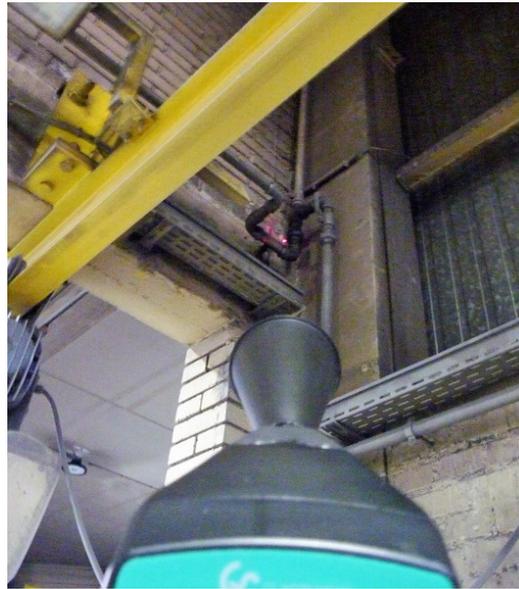


Foto 7: Leckstelle in der Druckluftverteilung über der Pfannenvorwärmung.

4.1 Bestimmung der Leckverluste am Samstag

Am Samstag, den 10. Dezember 2016 waren keine Druckluftanwendungen in Betrieb. Über die Leistungsaufnahme des Kompressors 2 wurden die Leckverluste abgeschätzt. Messung mit Fluke 1738.

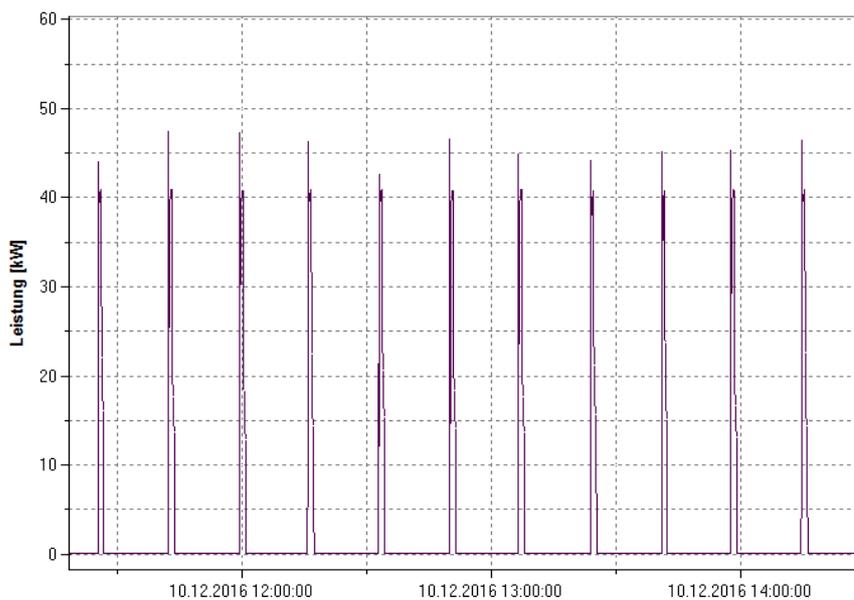


Abbildung 3: Leistungsaufnahme Kompressor 2 am Samstag, 10.12.16 während 3 Stunden. (Messgerät: FLUKE 1738)

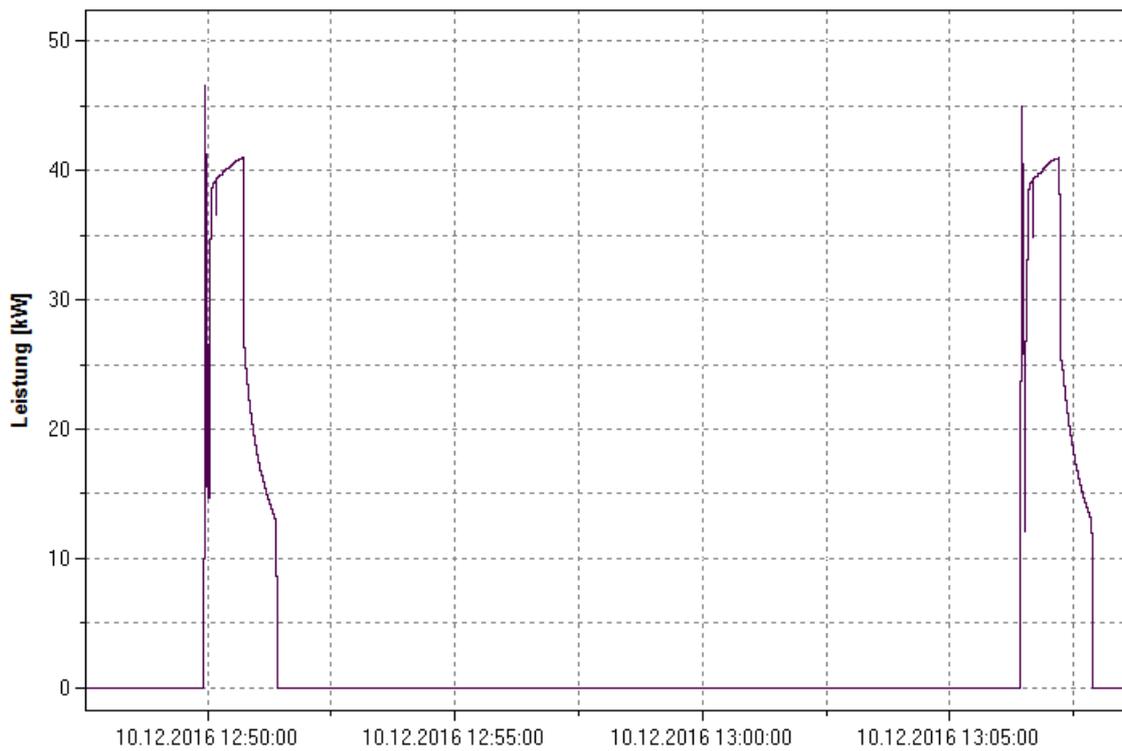


Abbildung 4: Leistungsaufnahme Kompressor 2 am Samstag, 10.12.16 während 20 Minuten.

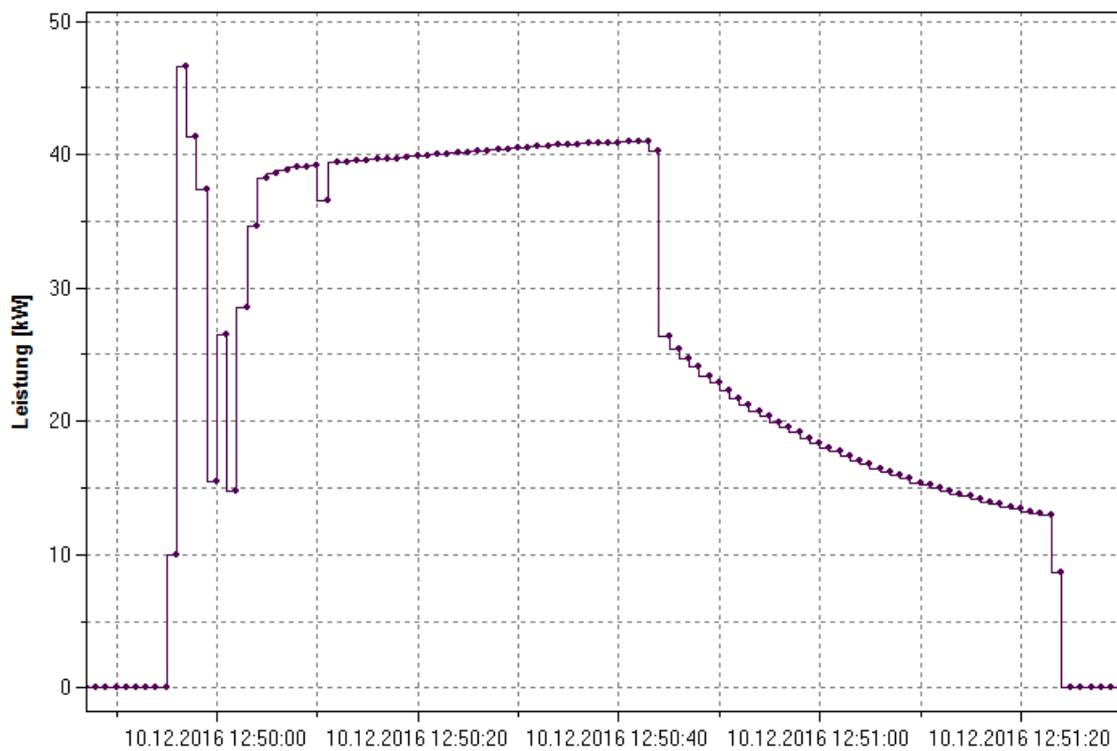


Abbildung 5: Leistungsaufnahme Kompressor 2 am Samstag, 10.12.16 während 100 Sekunden.

Analyse des Lastdiagramms aus Abbildung 5:

Betriebsart	Leistung	Dauer	Energie	Anteil
Anlauf	25 kW	10 s	250 kJ	10%
Betrieb	40 kW	40 s	1600 kJ	65%
Auslauf	16 kW	40 s	600 kJ	25%
Summe	27 kW	90 s	2450 kJ	100%

Tabelle 3: Aufteilung der Betriebsarten im Lastdiagramm des Kompressors 2.

Liefermenge: $6 \text{ m}^3/\text{min} * 40 \text{ s} = 4 \text{ m}^3$ Luft

Volumen: Druckluftspeicher $1 \text{ m}^3 + 2 \text{ m}^3 +$ Verteilnetz $1 \text{ m}^3 = 4 \text{ m}^3$

Die Zykluszeit in Abbildung 4 beträgt etwa 16.5 Minuten.

Der Luftverbrauch beträgt: $4 \text{ m}^3 / 16.5 \text{ Minuten} = \mathbf{240 \text{ Liter pro Minute}}$. Das ist eine geringe Leckagemenge von 4 % für eine Anlage mit 6000 Liter pro Minute, was auf eine gute Wartung hinweist.

Die erforderliche Kompressorleistung für den reinen Leckbetrieb beträgt:
Leistung $27 \text{ kW} * 1.5 \text{ Minuten} / 16.5 \text{ Minuten} = 2.5 \text{ kW}$

4.2 Bestimmung der Leckverluste über Mittagspause

In der Giesserei ist von 11:50 bis 13:30 Mittagspause. Die einzige Druckluftanwendung, die dann laufen sollte, ist die Filterabreinigung der Absauganlage für die Vakuumanlage (etwa 30 Liter pro Minute). Die Leckmenge wurde wieder über die Leistungsaufnahme des Kompressors 2 abgeschätzt.

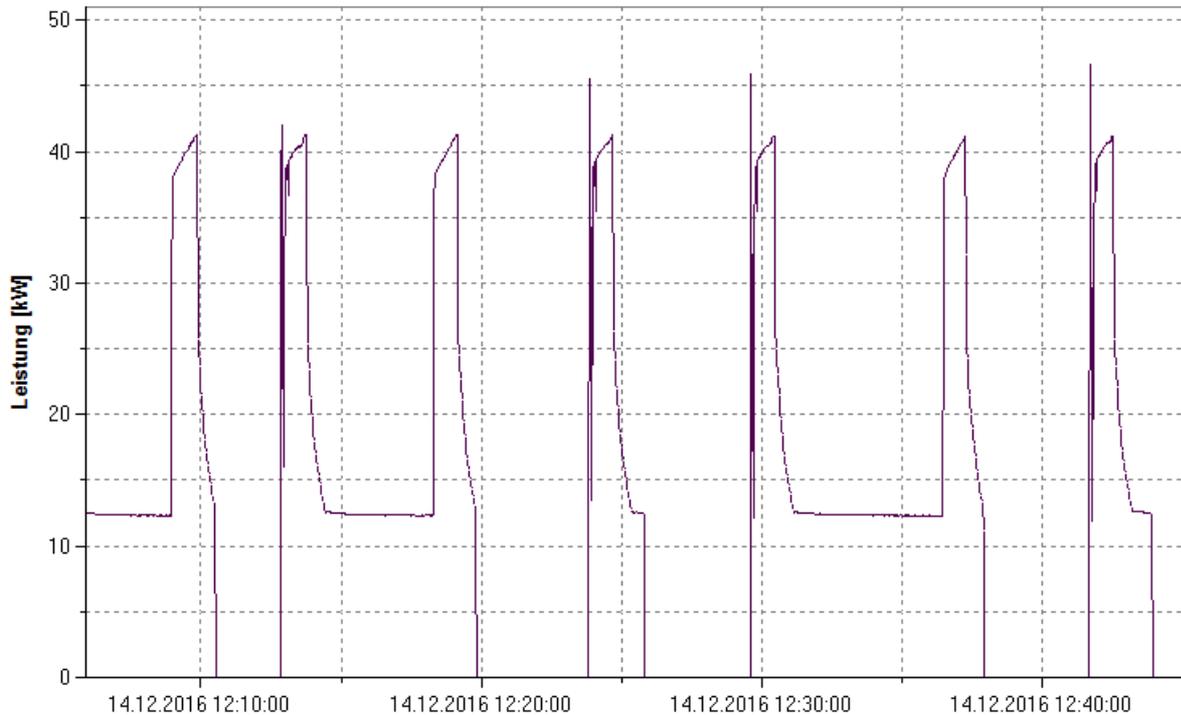


Abbildung 2: Leistungsmessung Kompressor 2 am Mittwoch, 14.12.16 über den Mittag.

Liefermenge $6 \text{ m}^3/\text{min} * 40 \text{ s} = 4 \text{ m}^3$ Luft

Die Zykluszeit aus Abbildung 6 beträgt etwa 6 Minuten

Luftverbrauch: $4 \text{ m}^3 / 6$ Minuten ergibt **660 Liter pro Minute**

Die Leckverluste aus der Samstagsmessung betragen 240 Liter pro Minute was eine Differenz von 420 Liter pro Minute ergibt. Auch eine Überprüfung der Leistungsaufnahme des Kompressors 2 über den Mittag an den 3 anderen gemessenen Arbeitstagen ergab das gleiche Ergebnis.

5 Druckluftbereitstellung

Die Komponenten der Druckluftbereitstellung sind:

Kompressor 1: 45 kW, $7.6 \text{ m}^3/\text{min}$, 7.0 bis 8.5 bar, Sullair 4010, Baujahr unbekannt

1.6.16: 43'285 h, 10.12.16: 43'909 h, 16.12.16: 43'927 h

Kompressor 2: 37 kW, $6 \text{ m}^3/\text{min}$, 7.6 bis 8.6 bar, Mark MSC 37, Baujahr 2008
am 1.6.16: 18'296 h / 14'450 h (79%), ergibt rund 2200 h/a

der aktive Teil des Kompressors wurde im Juni 2016 ausgetauscht.

Kältetrockner 1: Mark MDX 10000 (A11), 10 m³/min, Baujahr 2012, 2.3 kW / 1.3 kW

Kältetrockner 2: HKT 320, 1.1 kW, Baujahr vor 2000 (beengte Platzverhältnisse)
1.6.16: 69'915 h, 10.12.16: 73'489 h (3574 h in 4608 h ergibt 78%)

Kondensat: Separator Donaldson Ultrasep Superplus N



Foto 8: Kompressor 1, 45 kW und Kältetrockner 1 (blau).



Foto 9: Kompressor 2, 37 kW mit Kältetrockner 2 (grün).

Der neuere 37 kW Kompressor 2 ist der Hauptkompressor, welche die meiste Zeit läuft. Der alte 45 kW Kompressor 2 springt an, wenn der Druck im 1000 Liter Druckbehälter unter 7 bar fällt.

5.1 Abwärmenutzung

In der kalten Jahreszeit wird die Abwärme der Kompressoren über einen Lüftungskanal zum angrenzenden Lager geführt. Bei Gelegenheit sollte der Druckverlust im Lüftungskanal überprüft werden. Wenn dieser Druckverlust zu gross ist, dann ist die Kühlluftmenge zu gering und die Kompressoren könnten überhitzen (Ausfall Kompressor 2 Anfang Juni 2016). Sollte die Kühlluftmenge zu gering sein, würde ein zusätzlicher Ventilator in der Abluftleitung Abhilfe schaffen.

5.2 Druckmessung

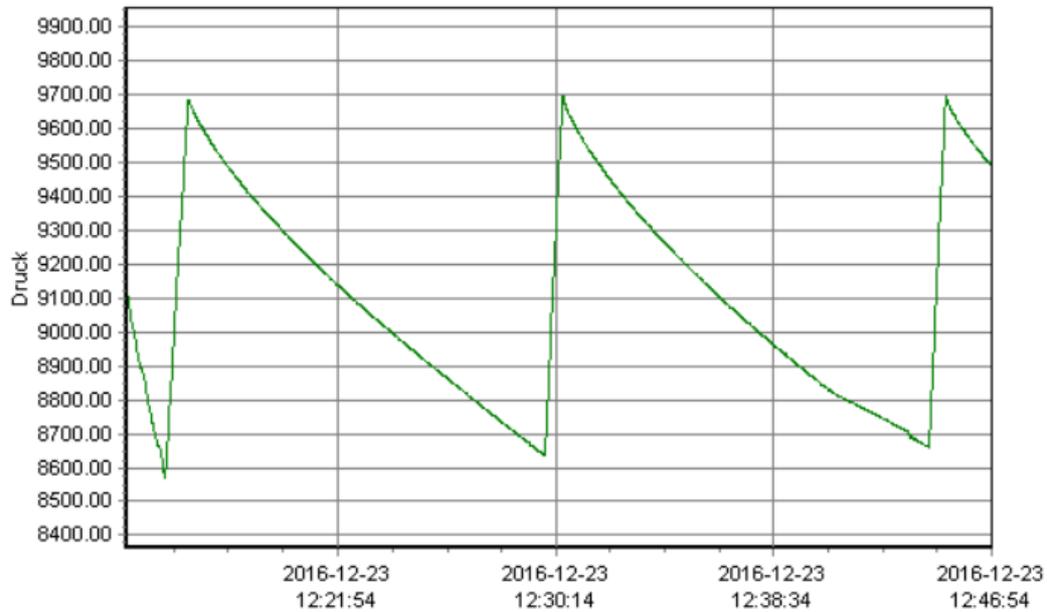


Abbildung 3: Druckmessung an einem Ferientag in der Werkstatt, Druck im mbar absolut. (Druckmessgerät: MSR 145 mit 14 bar Absolutwert Sensor)

5.3 Leistungsmessung Kompressor 2



Abbildung 4: Leistungsaufnahme Kompressor 2 über 4 Werkstage. (Leistungsmessgerät: FLUKE 1738).

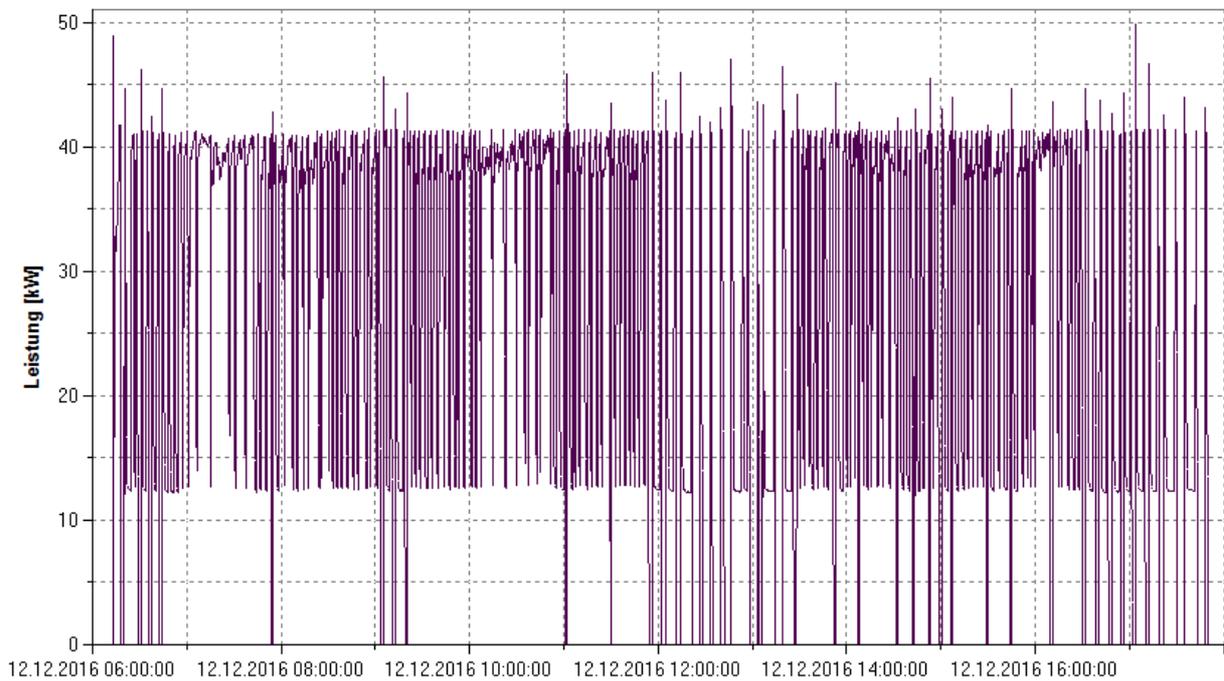


Abbildung 5: Leistungsaufnahme Kompressor 2 am Montag, den 12.12.16 während der Betriebszeit.

Man sieht in den Abbildungen 8 und 9, dass der Kompressor 2 nur während 12 Stunden pro Tag im Betrieb ist. Der täglichen Stromverbrauch beträgt rund 300 kWh.

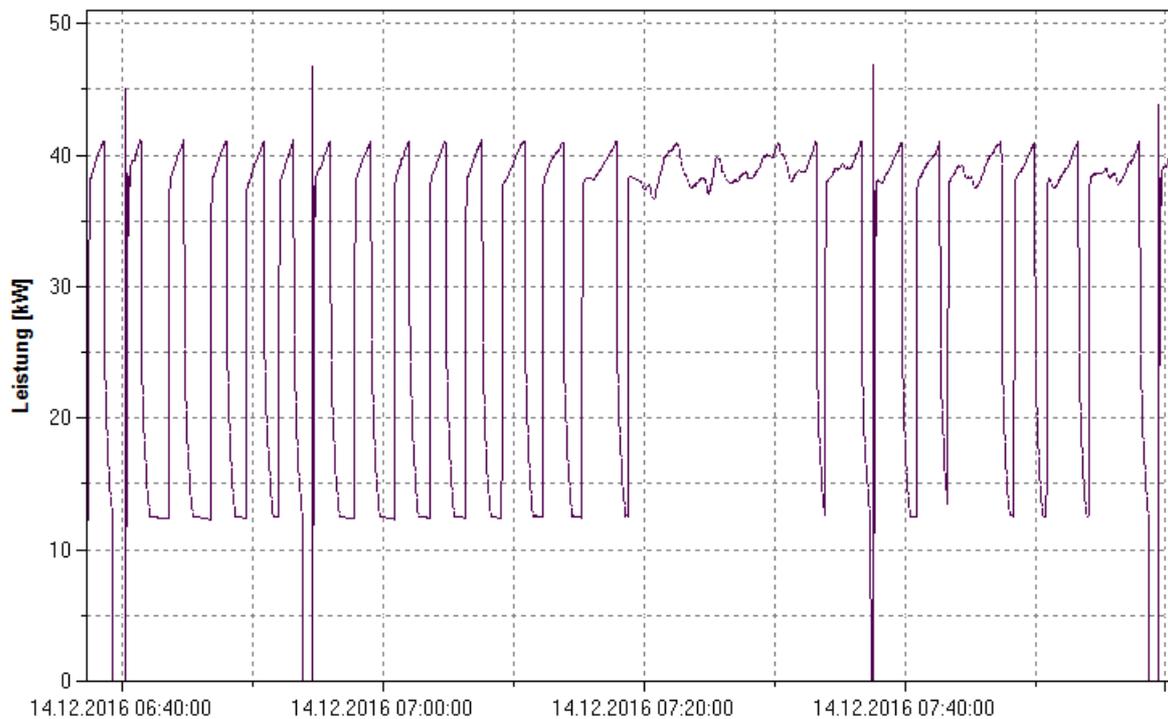


Abbildung 6: Leistungsaufnahme Kompressor 2 am Mittwochmorgen, den 14.12.16 über 80 Minuten.

Aus der Leistungsmessung des Kompressor 2 in Abbildung 10 sieht man, dass er während der Arbeitszeit zu 40 bis 100% ausgelastet ist. Unter Last bezieht er etwa 39 kW Leistung, im Leerlauf etwa 12 kW.

5.4 Leistungsabschätzung Kompressor 1

Gemessen wurde die Stromaufnahme. Für den Leerlauf wurde ein Leistungsfaktor von 0.7, für den Betrieb von 0.9 angenommen. Daraus wurde die Leistungsaufnahme errechnet.

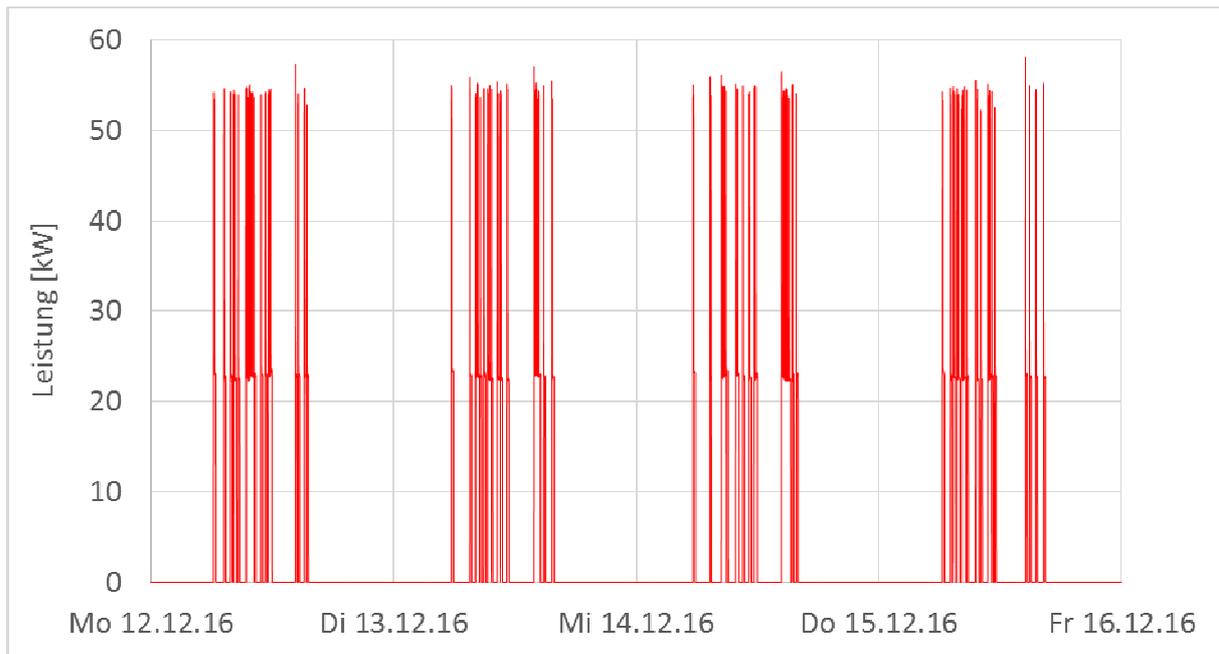


Abbildung 7: Leistungsaufnahme Kompressor 1 über 4 Arbeitstage. (Strommessgerät Fluke 3001 FC).

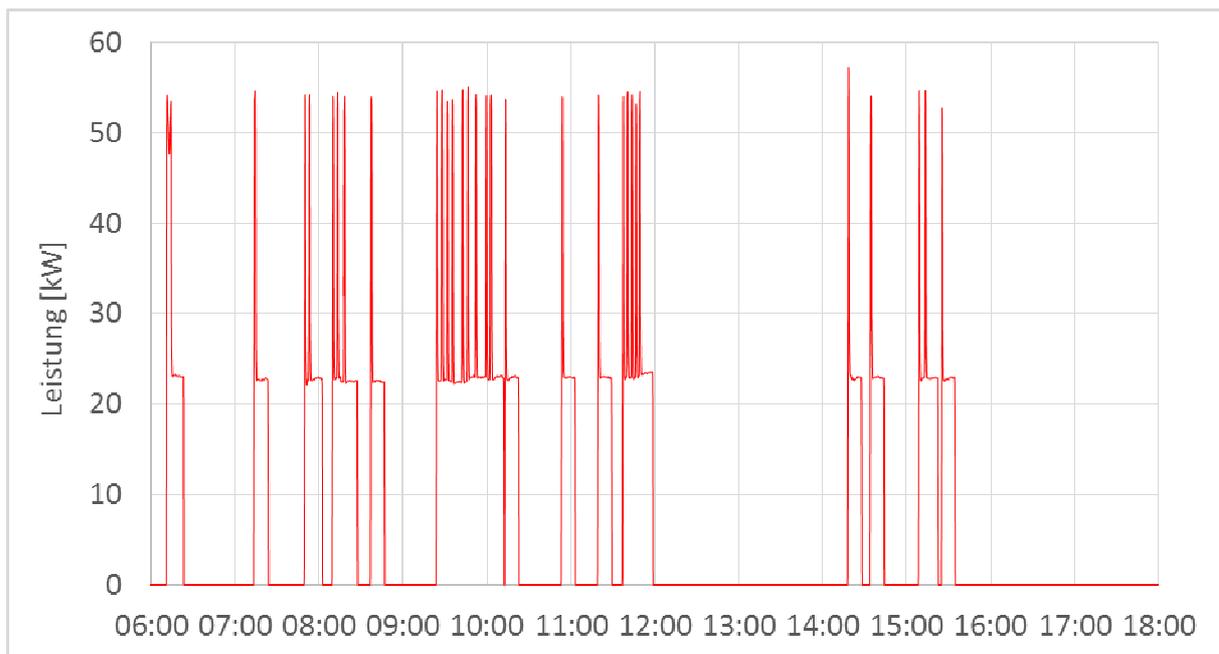


Abbildung 8: Leistungsaufnahme Kompressor 1 am Montag, den 12.12.16 über die Betriebszeit der Druckluftanlage.

In den 4 Arbeitstagen ist der Kompressor 1 während 14 Stunden gelaufen. Davon etwa 1.5 Stunden unter Last mit 50 kW Leistungsaufnahme, was 75 kWh Stromverbrauch ergibt. In den übrigen 12.5 Stunden im Leerlauf mit 22 kW Leistungsaufnahme wurden 275 kWh verheizt. Zusammen ergibt das einen Stromverbrauch von 350 kWh (etwa 90 kWh pro Tag). Rund 80% des Stromverbrauchs erfolgt im Leerlauf. Die Nachlaufzeit beträgt etwa 10 Minuten, was eher lang ist.

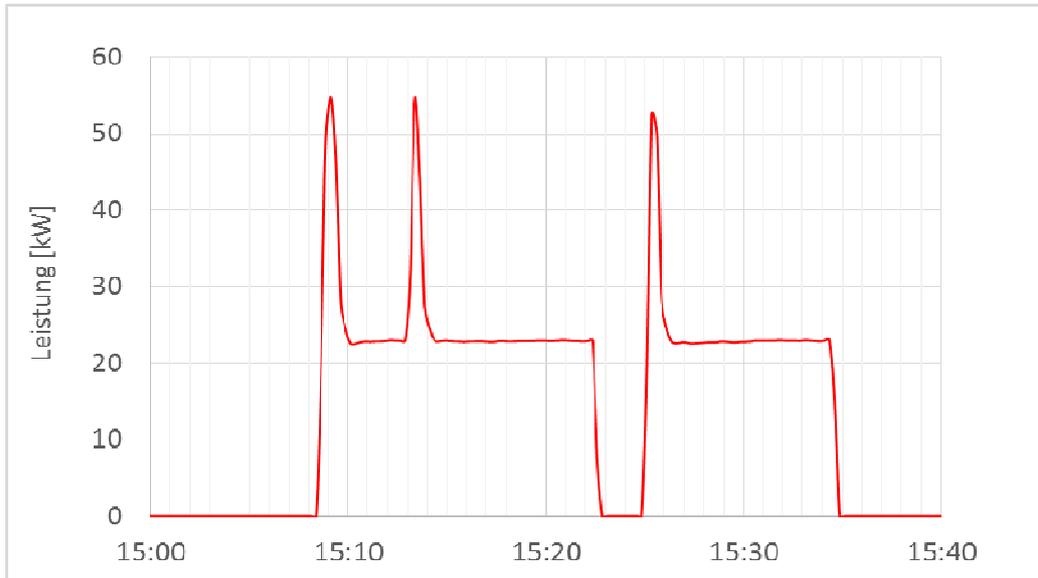


Abbildung 9: Leistungsaufnahme Kompressors 1 am Montag, 12.12.16 von 15:00 bis 15:40.

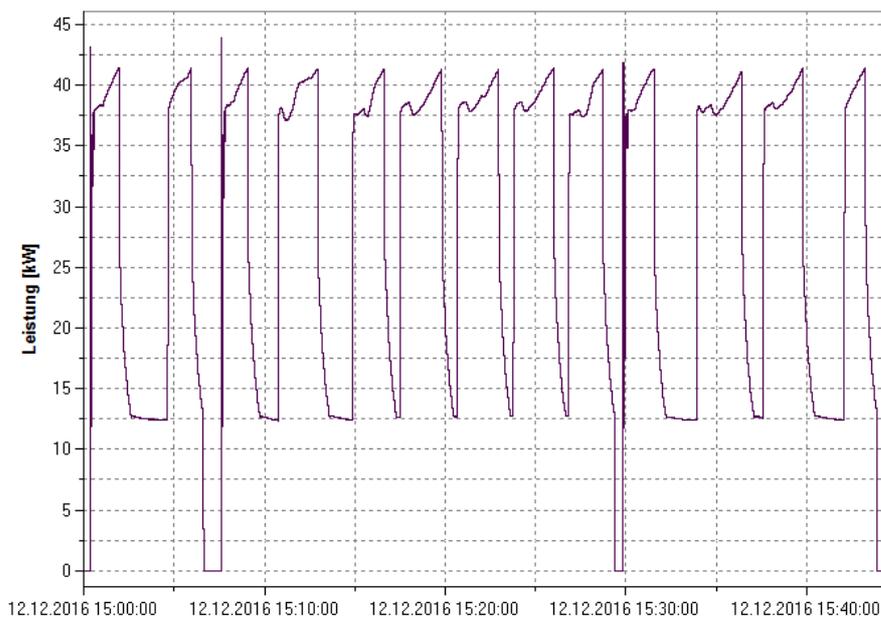


Abbildung 10: Leistungsmessung Kompressor 2 am Montag, 12.12.16 von 15:00 bis 15:45.

In Abbildung 14 sieht man beim Kompressor 2 die zunehmende Leistungsaufnahme (von 38 kW auf 41 kW) vom Einschaltdruck 7.6 bar bis zum Ausschaltdruck 8.6 bar teilweise kurze Einbrüche in der Leistungsaufnahme, was auf eine Druckabsenkung im Netz hinweist. Ein Zeitvergleich mit der Abbildung 13 lässt vermuten, dass bei diesen Netzeinbrüchen der Kompressor 1 eingeschaltet wird, der einen Einschaltdruck von 7 bar hat.

6 Auswertung

6.1 Luftverbrauch der Anwendungen

Druckluftanwendung	Luftverbrauch			Dauer	Luftmenge	Anteil
	Spitze	Grundlast	Schnitt			
	l/min	l/min	l/min	h/a	m ³ /a	%
Dauerleck	240	240	240	5'000	72'000	11%
CNC-Fräsmaschinen	300	200	200	5'000	60'000	9%
Filterabreinigung	500	160	160	2'400	23'000	3%
Unbekannt (Mittag)	400	400	400	2'400	58'000	9%
Sandformanlage FDC	2'000	800	800	2'000	96'000	14%
Kernformanlage Bicolor	1'000	400	400	2'000	48'000	7%
Weitere Anlagen	200	200	200	2'000	24'000	4%
Werkzeuge Putzerei	4'000	2'000	2'000	2'000	240'000	36%
Diverse Blaspistolen	1'000	250	500	1'000	30'000	4%
Sandtransport	2'000	100	1'000	240	14'000	2%
Pfannenvorwärmung	360	50	360	240	5'000	1%
Summe	12'000	4'800	6'260		670'000	100%

Tabelle 4: Zusammenstellung Luftverbrauch der Anwendungen.

Der Luftverbrauch der CNC-Fräsmaschinen, der Sand- und Kernformanlage sind geschätzt. Die Druckluftwerkzeuge verbrauchen am meisten Druckluft.

6.2 Bereitstellung der Druckluft und Energieverbrauch

Druckluftbereitstellung	Dauer		Luftmenge		Elektrizität		
	Betrieb	Last	Last	Summe	Last	Leer	Summe
	h/a	h/a	m ³ /min	m ³ /a	kW	kW	kWh/a
Kompressor 1	840	90	7 600	41 000	50	22	21 000
Kompressor 2	2 400	1 600	6 000	576 000	39	12	72 000
Kompressor 2 (nachts)	230	150		54 000			7 000
Kältetrockner 1 und 2	8 760	6 800			2.2		15 000
Summe			13 600	671 000	91	34	115 000

Tabelle 5: Zusammenstellung Luftbereitstellung und Stromverbrauch.

Pro m³ Druckluft wird 0.17 kWh Elektrizität benötigt, was ein passabler Wert ist. Die Spitzenleistung (beide Kompressoren gleichzeitig) ist nur während gut 20 Minuten pro Tag erforderlich.