

DIS-Projekt Nr. 47 415 DIS-Vertrag Nr. 87 495	Programm Elektrizität	Im Auftrag des Bundesamtes für Energie
--------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------------------

Schlussbericht **Dezember 2004**

Energieeinsparungen in der Maschinenindustrie:

Fallbeispiel Christoph Burckhardt AG

ausgearbeitet durch

Ronald Tanner
Semafor Informatik & Energie AG
Sperrstrasse 104 B
CH-4057 Basel

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

Weitere Informationen über das Programm "Elektrizität" des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung: www.electricity-research.ch



Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage	6
1.1 Bedeutung	6
1.2 Projektpartner	6
1.3 Projektziele	6
1.4 Vorgehen	6
2 Durchgeführte Messungen und Auswertungen	7
2.1 Kompressor GA 18	8
2.2 Beleuchtung	12
2.3 Werkzeugmaschinen	12
2.4 Entfettungsanlage	13
3 Messungen	14
3.1 Gesamtbezug	14
3.2 Kompressor Atlas COPCO GA18	15
3.3 Mazak 10 MS	16
3.4 Novar CNC	17
3.5 Mazak 1 CNC	18
4 Bewertung und Ausblick	19



Zusammenfassung

Am Beispiel der Christoph Burckhardt AG, einem KMU-Betrieb der Maschinenindustriebranche, wird in diesem Bericht die Energieeffizienz der elektrischen Antriebe und der Beleuchtung untersucht und das Einsparpotential verschiedener Massnahmen aufgezeigt.

Mit einem Anteil von mehr als 50% am Gesamtverbrauch spielt die Druckluftherzeugung eine dominierende Rolle. Es wurden mit detaillierten Leistungsmessungen die verschiedenen Verlustanteile analysiert, wodurch zum Beispiel die Einsparungen bei einer Reduktion der Schaltzyklen genauer bestimmt werden können. Einsparungen können zum Einen mit einfachen Massnahmen wie Leckbehebung, Druckabsenkung, Abschalten bei Nichtgebrauch erzielt werden. Eine wichtige Rolle spielt aber auch die bedarfsgerechte Anpassung der Kompressorleistung.

Die zweite dominierende Gruppe bilden die Werkzeugmaschinen. Sie zeichnen sich durch einen im Vergleich zur Bearbeitungsleistung hohen Stand-By-Verbrauch aus. Mit Ausnahme des Abschaltens bei Nichtgebrauch sind hier Einsparungen durch betriebliche Massnahmen kaum zu erzielen.

Bei der Beleuchtung können mit modernen Leuchtstofflampen bis zu 30% eingespart werden. Ihr Anteil am Gesamtverbrauch beträgt etwa 10%.

Resumé

Dans ce rapport sont examinés à l'exemple de Christoph Burckhardt AG, une entreprise de PME de la branche de l'industrie des machines, l'efficacité énergétique des entraînements électriques et de l'éclairage. Le rapport précise également le potentiel d'économie grâce à différentes mesures.

La compression d'air joue, avec une part de plus de 50% de la totalité de la consommation, un rôle dominant. Les différentes parts de perte ont été analysées avec des mesures de puissance détaillées, grâce à quoi par exemple les économies peuvent être déterminées plus précisément lors d'une réduction des cycles de distribution. Des économies peuvent être faites avec des mesures simples comme une réparation de fuite, un abaissement de pression, un arrêt de machine quand il y a non-usage. Un rôle important joue aussi l'adaptation satisfaisante des besoins de performance du compresseur.

Les machines-outils forment le deuxième groupe dominant. Elles se caractérisent, en comparaison à la performance d'élaboration, par une haute consommation étant en veille. À l'exception de l'arrêt de machine quand il y a non-usage, des économies ne peuvent être guère obtenues par des mesures de l'entreprise.



En ce qui concerne l'éclairage jusqu'à 30% peuvent être économisés, avec des diffuseurs pour tubes fluorescents modernes. Leurs parts à la totalité de consommation s'élève environ à 10%.

Abstract

In this case study the energy efficiency and saving potential of electrical drive systems and lighting for a SME company producing mechanical precision parts are shown.

The most significant contribution to the overall consumption is caused by the compressed air system. Based on detailed measurements different types of losses are quantized which allows a good approximation of the saving calculation for the reduction of switching cycles. Savings can also be achieved with simple actions such as minimizing air leaks and pressure or switching off in case of idling. An important factor is the adaption of the compressor size to the demand requirements.

The second dominating group constitute the machine tools. Compared to the machining power their stand-by losses are considerably high. Significant savings can only be achieved by switching them off during idling times.

Up to 30% of the lighting electricity consumption can be saved by an optimized lighting concept: using modern fluorescent tubes with electronic ballasts and high efficient reflectors. Lighting consumes about 10% of the total electricity consumption.



1 Ausgangslage

1.1 Bedeutung

Es ist allgemein bekannt, dass mehr als die Hälfte der elektrischen Energie in der Industrie in elektrischen Antrieben umgesetzt wird. Ebenso ist seit längerem bekannt, dass die Einsparmöglichkeiten bei solchen Anlagen erheblich sind. Mit der Nutzung dieses Potentials hapert es jedoch. Meist wird der dazu nötige Abklärungsaufwand gescheut, weil schlicht die entsprechenden Kapazitäten fehlen, respektive weil die dafür zuständigen Stellen mit der Aufrechterhaltung des Betriebes, vornehmlich mit Wartung und Unterhalt, mehr als ausgelastet sind. Es ist deshalb wichtig, dass Beispiele im Sinne von "Best Practices", die exemplarisch für bestimmte Industriebereiche den Nutzen von Energiesparmassnahmen aufzeigen können, gesammelt und publiziert werden.

1.2 Projektpartner

- Semafor Informatik & Energie AG: R. Tanner, H. Riesen
- Christoph Burckhardt AG, Patrick Von Burg, René Stuber
Beratung, Unterstützung der Messungen, Realisierung

1.3 Projektziele

Mit diesem Projekt soll das Energiesparpotential eines Maschinenherstellers anhand der Christoph Burckhardt AG aufgezeigt werden. Die im Jahr 1941 gegründete Fa. Christoph Burckhardt AG stellt Präzisionsteile für Textilmaschinen her. Der elektrische Energieverbrauch betrug im Jahr 2000 knapp 200 MWh, wobei alleine für die Druckluffterzeugung gemäss Einschätzung der Burkhardt-Verantwortlichen fast 18 MWh¹ anfielen. Ein weiterer wesentlicher Anteil entfällt auf Pumpen-, Lüfter- und Werkzeugmaschinen-Antriebe im Leistungsbereich von 0.5 bis 20 kW.

1.4 Vorgehen

Zur Umsetzung der oben erwähnten Ziele wurde wie folgt vorgegangen:

- Erfassung der Antriebe mit Messung des Leistungs- und Energiebedarfes

¹Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Messungen zeigten, dass der Anteil der Druckluft am Gesamtverbrauch wesentlich höher ist.



Basierend auf den in den MotorChallenge-Dokumenten der Module Antriebe, Pumpen und Lüfter (siehe: www.motorchallenge.ch) beschriebenen Abläufen wurden die bei der Fa. Christoph Burckhardt AG eingesetzten Antriebe erfasst und deren Leistungs- und Energiebedarf gemessen.

- Evaluation geeigneter Sparmassnahmen inkl. Kosten und Amortisationsdauer.
- Realisierung: Massnahmen, die sowohl machbar wie auch profitabel sind, werden umgesetzt.
- Dokumentation der Ergebnisse.

2 Durchgeführte Messungen und Auswertungen

Die Erfassung des Energiebedarfs der Antriebe auf Basis von Messungen und Abschätzungen ergibt folgendes Bild (mittl. Energiepreis 0.25 CHF/kWh):

Anlage	Anschlussleistung [kW]	Anzahl jährl. Betriebsstunden [h]	jährl. Energieverbrauch [MWh]	Kosten [CHF]	Einsparpotential [geschätzt]
Kompressor	18.5	7'200	107.5	26'867.–	50%
Beleuchtung	11.2	2'200	24.6	6'160.–	30%
Mazak 10	11.0	5'200	36.4	9'100.–	
Mazak 1/2	22.0	1'560	13.0	3'237.–	
Novar CNC	7.5	2'000	6.7	1'670.–	
EVT-Waschanlage	24.0	1'560	5.7	1'425.–	50%
Bohrautomat B12	20.5	2'000	3.0	750.–	
B04/05/07/09/10/11	24	2'000	3.0	750.–	
div.			3.0	750.–	
T O T A L			202.9	50'725.–	

Der jährliche Stromverbrauch betrug im Jahre 2002 gut 200 MWh d.h. man kann davon ausgehen, dass mit dieser Untersuchung die wesentlichen Verbraucher erfasst werden konnten.



Die durchschnittliche Leistung beträgt 22.9 kW. Kurzzeitig werden maximal etwa 100 kW bezogen.

2.1 Kompressor GA 18

Der Atlas Copco-Schraubenkompressor GA 18 SP trägt mit über 50% den wesentlichsten Anteil zum Gesamtverbrauch bei. Eine genauere Analyse der Messung (siehe Abbildung 1) ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Schaltintervall	90 s
Lastzeit	30 s
Leerlaufzeit	60 s
Kompressorauslastung	33 %
Anzahl Zyklen je Stunde	40
Mittl. Leistungsaufnahme	14.83 kW
Leistungsaufnahme beim Einschaltpunkt	19.35 kW
Leistungsaufnahme beim Ausschaltpunkt	20.45 kW
Anfahr- und Entlastungsanteil	1.85 kW
Leerlaufanteil	6.33 kW
Verlustleistung	8.185 kW
Verluste pro Jahr (7'200 h)	58'932 kWh

Speziell hervorzuheben sind folgende Punkte:

- Die Leerlaufleistung geht nicht sofort auf den Nennwert von 9.5 kW zurück, sondern nimmt nur langsam ab.
- Beim Anfahren ist der Entlastungsluftverlust sichtbar. Für das Füllen des vorher entlasteten Ölbehälters bis zum Erreichen des Einschaltdruckes entstehen hier zusätzliche Verluste.

Dieser Kompressor ist deutlich zu gross dimensioniert. Die hohe Anzahl von Ein-/Aus-schaltzyklen wirkt sich auf den Energieverbrauch negativ aus. Vermutlich würde hier ein Kompressor mit einer Leistung von 7.5 kW genügen. Andernfalls empfiehlt sich eine Absenkung des Einschaltdruckes um 1 bar um so die Schalthäufigkeit zu reduzieren und allenfalls ein zusätzlicher Druckbehälter (3000 CHF für 1000 Liter). Bei stark schwankendem Druckluftbedarf sollte ein drehzahlregulierter Schraubenkompressor in Betracht gezogen werden. Ein solcher würde bei Investitionskosten von 17'100 CHF Einsparungen von 13'860 CHF jährlich bringen.



Beim Verbrauch spielen die Verluste durch Undichtigkeiten eine dominierende Rolle. Dies zeigte am 12. Februar 2003 um 12:30 ein Rundgang bei abgeschalteten Maschinen recht deutlich. Wir vermuten Leckverluste von 30-40 Prozent. Wirtschaftlich vertretbare Einsparungen liegen hier bei ca. 20%. Die Lecks werden zum Teil von beschädigten Kupplungen und von abgenutzten Dichtungen in den Maschinen verursacht. Der Aufwand zur Leckbehebung besteht darin diese zu lokalisieren und die betreffenden Kupplungen zu ersetzen. Je Kupplung müssen Materialkosten von ca. 30 CHF veranschlagt werden. Bereiche des Druckluftnetzes, die nicht eruierbare resp. nicht behebbare Leckstellen enthalten, sollten nach Möglichkeit bei Nichtgebrauch abgeschaltet werden. Ein entsprechendes Absperrventil mit Schaltuhr kostet 300 - 800 CHF.

Zusammengefasst wurden im März 2003 für den Druckluftbereich die folgenden Massnahmen vorgeschlagen:

Massnahme	Einsparung geschätzt		Investition (geschätzt)
	[MWh]	[CHF]/Jahr	[CHF]
Ersatz des Kompressors (7.5 kW)	40 MWh	10'000.–	10'000.–
Leckbehebung	20 MWh	5'000.–	4'000.–
Druckabsenkung (1 bar)	8 MWh	2'000.–	
Abschaltung von Rohrsträngen bei Nichtgebrauch	3 MWh	750.–	1'000.–
Reduktion des Einschaltdruckes (1 bar)	5 MWh	1'250.–	

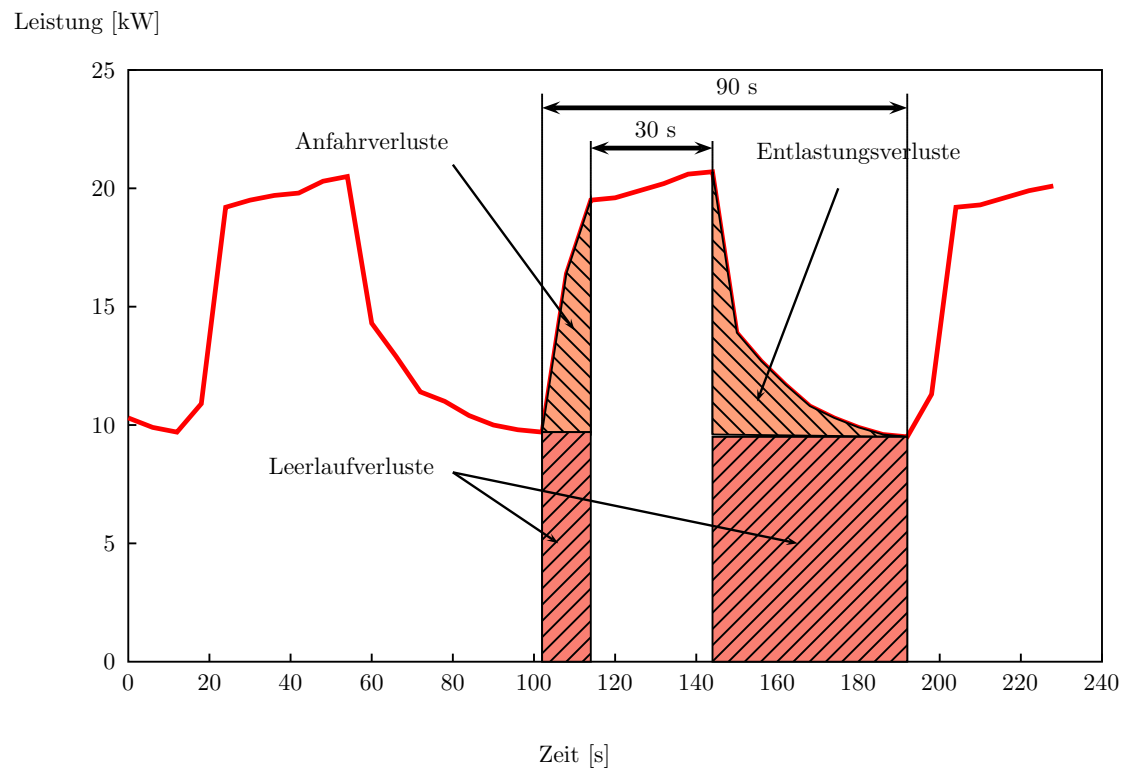


Abbildung 1: Kompressor-Leistung Januar 2003 in der Zeit von 9:39 bis 9:43 Uhr

Im April 2004 kam es zu einem Totalschaden des Kompressors. Er wurde von Atlas-Copco durch den Nachfolgertyp GA 18-8.5 AFF (Luftfördermenge 188 m³/h) ersetzt. Abbildung 2 zeigt die im November 2004 gemessene Leistung des neuen Kompressors. Trotz deutlich höherer Leistungsaufnahme auf Grund eines mittlerweile erhöhten Druckluftbedarfes sind die Verluste leicht zurückgegangen. Allerdings ist die Einschalthäufigkeit grösser geworden. Ein deutliches Anzeichen für einen zu kleinen Speicherbehälter. Um eine Schalthäufigkeit von 30 zu erzielen, sollte er ein Speichervolumen von mindestens 1500 l aufweisen (siehe hierzu auch www.druckluft-effizient.de). Besser wären 3000 l.

Zwischen 19 Uhr abends und 6 Uhr morgens ist ein stark reduzierter Bedarf festzustellen. Da die Entfettungsanlage nach Arbeitsschluss meist noch für einen Arbeitsgang in Betrieb gesetzt und dazu Druckluft benötigt wird, kann der Kompressor abends nicht einfach ausgeschaltet werden. Hier wäre die Installation eines kleinen, lokalen Druckluftkompressors unter Umständen rentabler. Auf jeden Fall empfiehlt sich ein Ausschalten des Hauptkompressors nach Beendigung des Entfettungsvorganges. Aktuell ist dazu ein Zeitschalter bei der Entfettungsanlage angebracht. Besser wäre jedoch eine Kopplung des Kompressorschalters mit der Steuerung der Entfettungsanlage.

Leistung [kW]

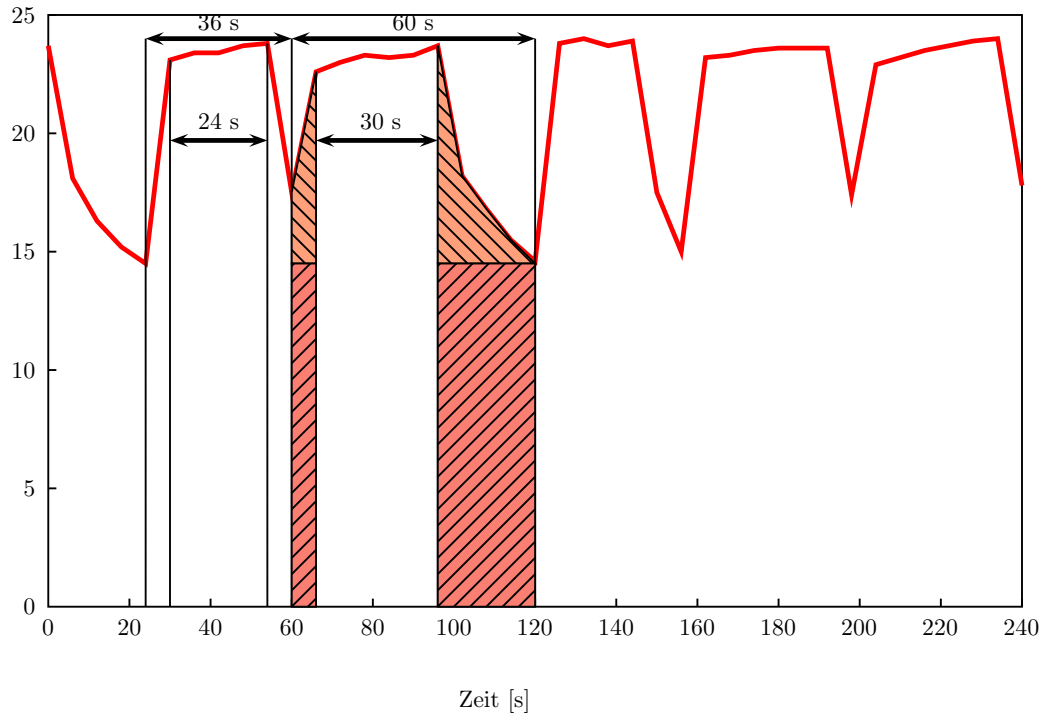


Abbildung 2: Kompressor-Leistung November 2004 in der Zeit von 14:00 bis 14:04 Uhr

		Veränderung in Prozent
Mittl. Schaltintervall	48 s	-46.67
Mittl. Lastzeit	28 s	-6.67
Mittl. Leerlaufzeit	20 s	-66.67
Kompressorauslastung	58.3%	+76.67
Anzahl Zyklen je Stunde	75	+87.5
Mittl. Leistungsaufnahme	21.3 kW	+43.9
Leistungsaufnahme beim Einschaltpunkt	23.12 kW	+19.5
Leistungsaufnahme beim Ausschaltpunkt	23.4 kW	+14.4
Anfahr- und Entlastungsanteil	1.72 kW	-7.0
Leerlaufanteil	6.32 kW	-0.1
Verlustleistung	8.04 kW	-1.8
Verluste pro Jahr (7'200 h)	57'888 kWh	-1.8



2.2 Beleuchtung

Für die Beleuchtung sind in den Büroräumen und Werkstatt ca. 150 Leuchtstofflampen mit je 56 W installiert sowie einige Glühbirnen à 60 W im Treppenhaus. Daraus ergibt sich eine Anschlussleistung von 11,2 kW. Mit Lampen der neuen Generation, die eine erhöhte Leuchtleistung bieten und dank einem elektronischen Vorschaltgerät geringere Verluste verursachen, könnten hier mindestens 30% eingespart werden. Wir gehen davon aus, dass die Anzahl Leuchten um 1/3 reduziert werden kann und die Einschalt-dauer pro Jahr 2'200 Stunden beträgt.

	bestehend	neu
Anschlusswert/Leuchte	71 W	50 W
Anzahl Leuchten	150	100
Lebensdauer	8'000 h	16'000 h
Investition/Leuchte		250 CHF
Investition		25'000 CHF
Lampenwechsel	18 CHF	9 CHF
Energieverbrauch/Jahr	23.4 MWh	11 MWh
Energiekosten/Jahr	5'850 CHF	2'750 CHF
Lampenwechselkosten/Jahr	742 CHF	123 CHF
Betriebskosten	6'592 CHF	2'873 CHF
Einsparungen/Jahr		3'719 CHF

Ohne Berücksichtigung zusätzlicher Vorteile, die sich zum Beispiel aus einer verbesserten Leucht- und damit Arbeitsplatzqualität ergeben, resultiert hiermit ein Payback von 6.72 Jahren. Die Energieberatung IWB Basel-Stadt (www.iwb.ch) hat Burckhardt eine entsprechende Offerte unterbreitet.

2.3 Werkzeugmaschinen

Bei den Werkzeugmaschinen, die zusammen ebenfalls einen nicht unwesentlichen Anteil am Gesamtverbrauch verursachen, fällt ihr recht erheblicher Stand-By-Verbrauch auf. Der Leistungsbedarf der Hilfsbetriebe (Hydraulik- und Kühlmittelpumpen, Ventilatoren etc.) und Steuerungseinheit übersteigt deutlich denjenigen des eigentlichen Umformungsprozesses. In Rücksprachen mit den Herstellern und Lieferanten wurde uns dieser Sachverhalt ebenso bestätigt wie auch die geringe Bereitschaft der Hersteller etwas zur Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Produkte beizutragen.

Wir empfehlen die Einschaltzeiten so gering wie möglich zu halten und bei Neubeschaffungen dem Aspekt der Energie-Effizienz stärkere Bedeutung beizumessen.



2.4 Entfettungsanlage

Die Entfettungsanlage ist vermutlich für zahlreiche Arbeitsgänge überdimensioniert. Hier könnte eine kleinere Maschine deutliche Einsparungen bringen. Der Hersteller Eiberger Pföhler GmbH (www.evt-gmbh.de) hat ein kleineres Modell mit 50 % geringerem Energie-Verbrauch im Angebot:

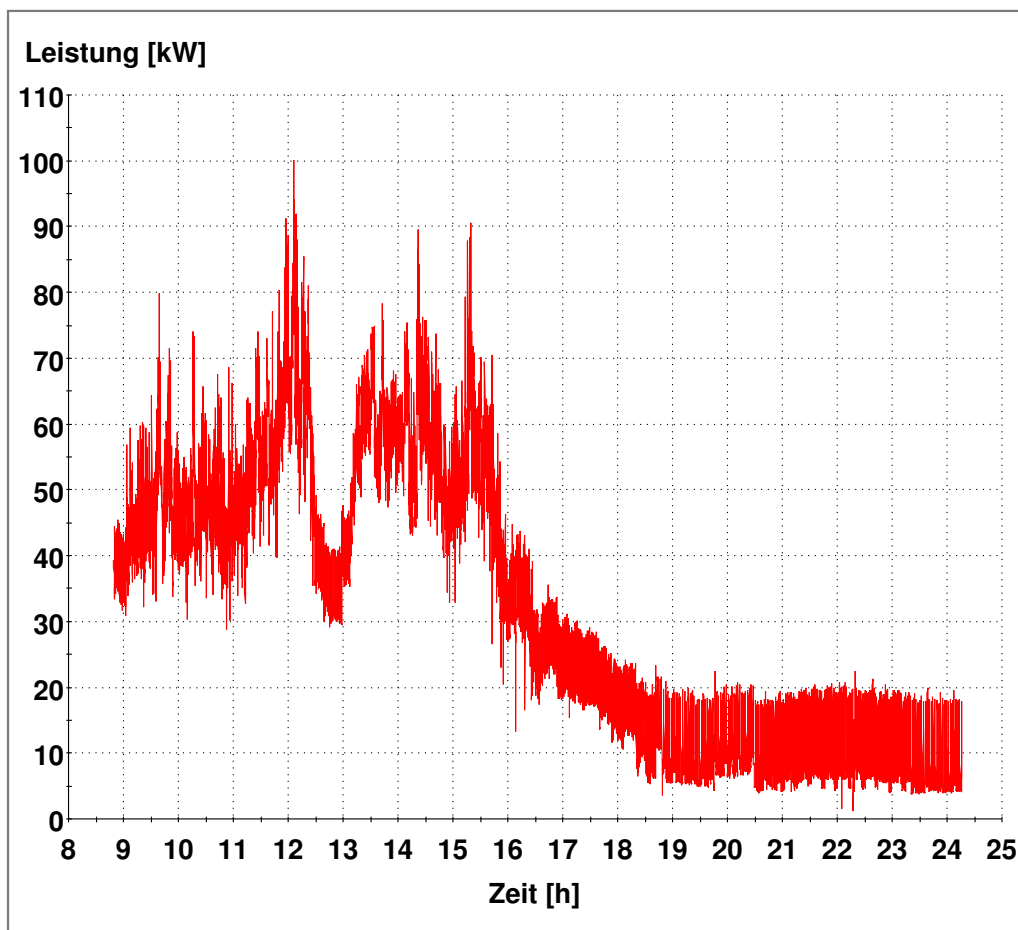
Tauch-Dampfentfetter Bambino ab 30'700 EUR

Angesichts der Tatsache, dass der jährliche Verbrauch bei CHF 1'425.– liegt, ergeben sich jedoch zu grosse Amortisationszeiten.

3 Messungen

3.1 Gesamtbezug

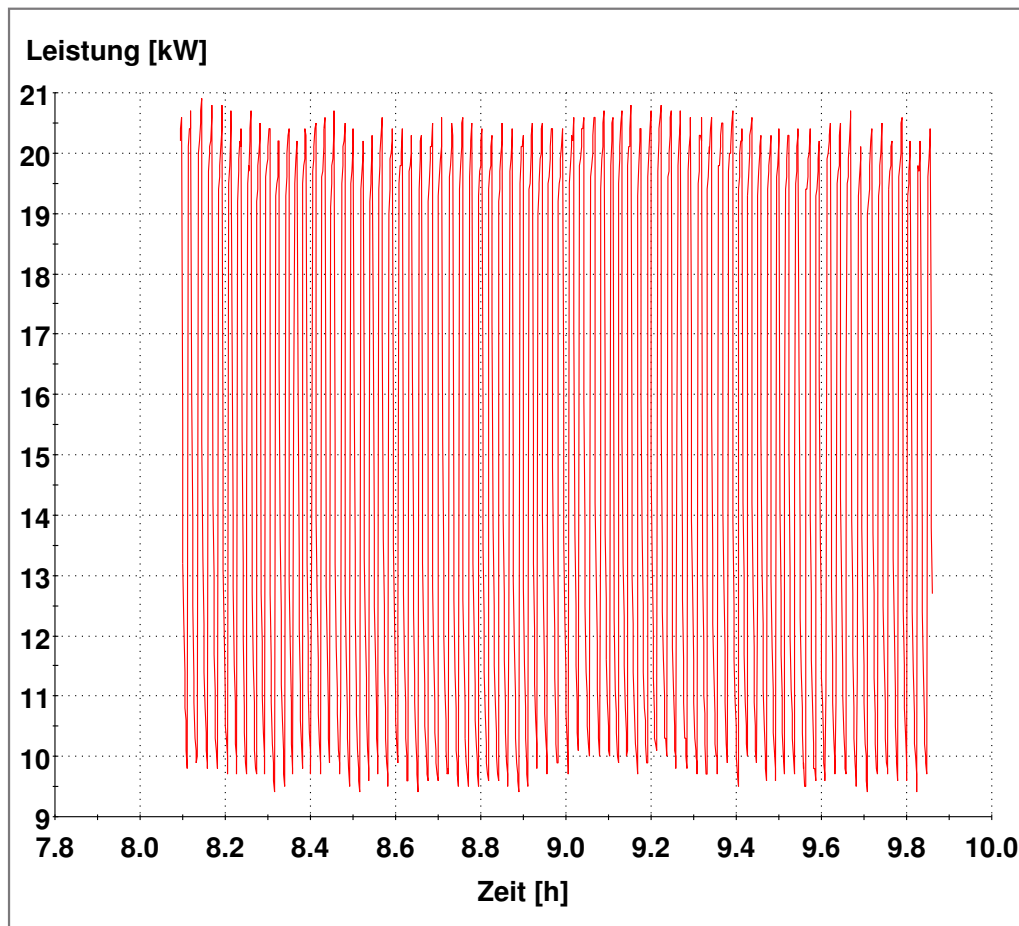
Leistungsmessung Pfarrgasse 11 (Datum: 2003 / 1 / 21)



— Leistung [kW]

3.2 Kompressor Atlas COPCO GA18

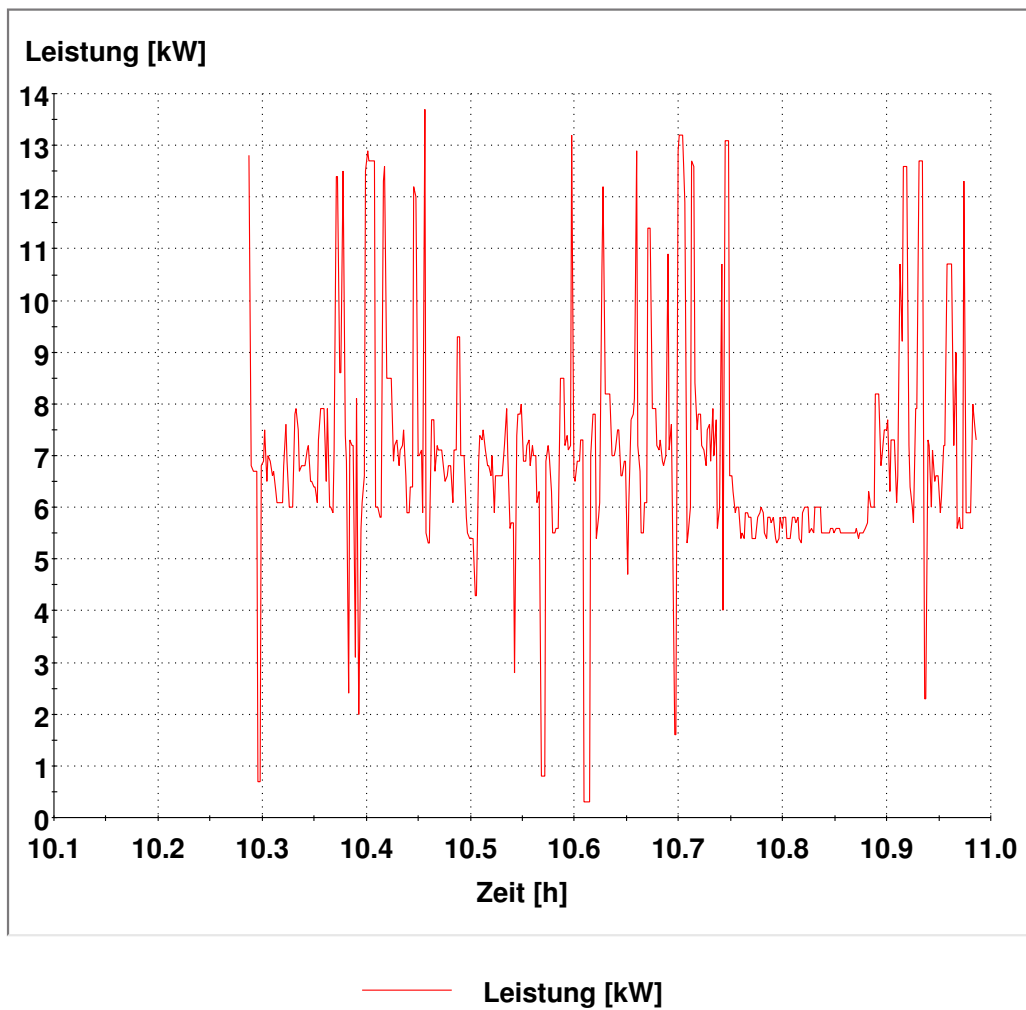
Leistungsmessung Kompressor (Datum: 2003 / 1 / 30)



— Leistung [kW]

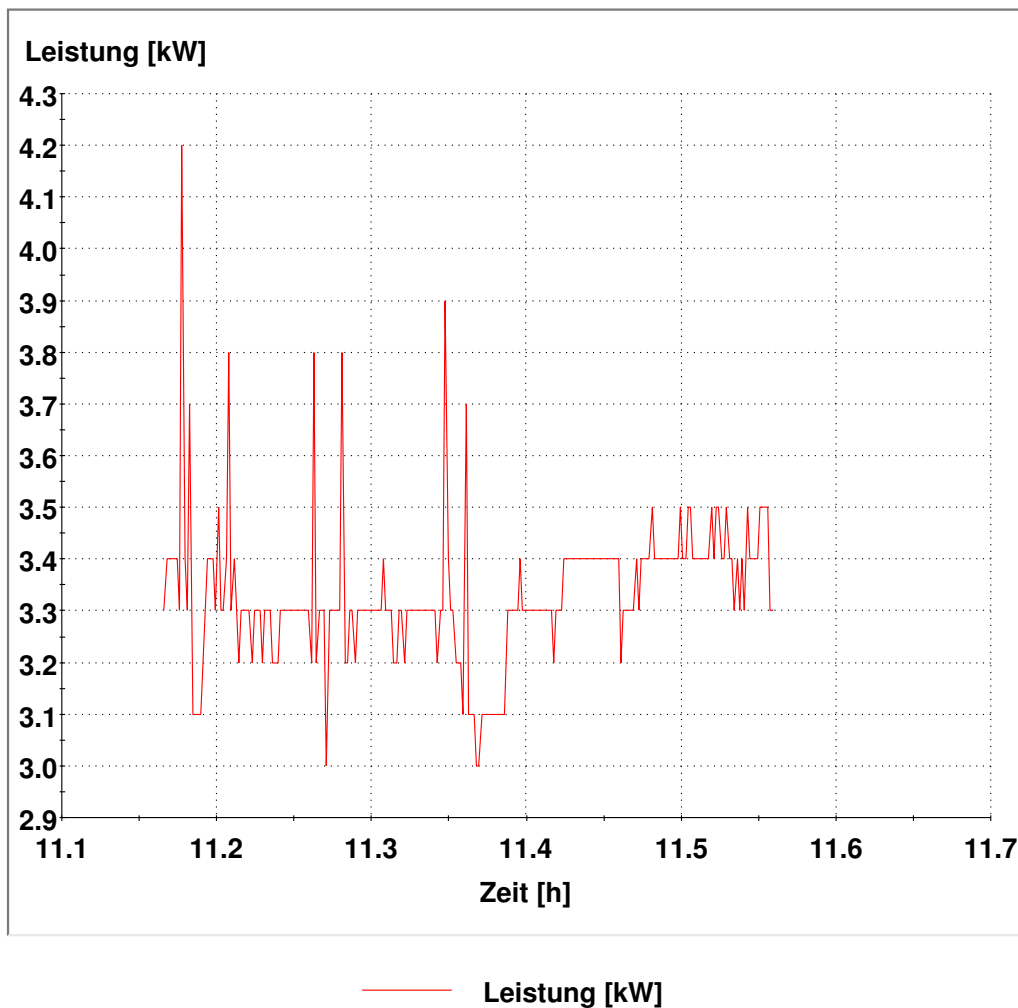
3.3 Mazak 10 MS

Leistungsmessung Mazak 10 MS (Datum: 2003 / 2 / 12)



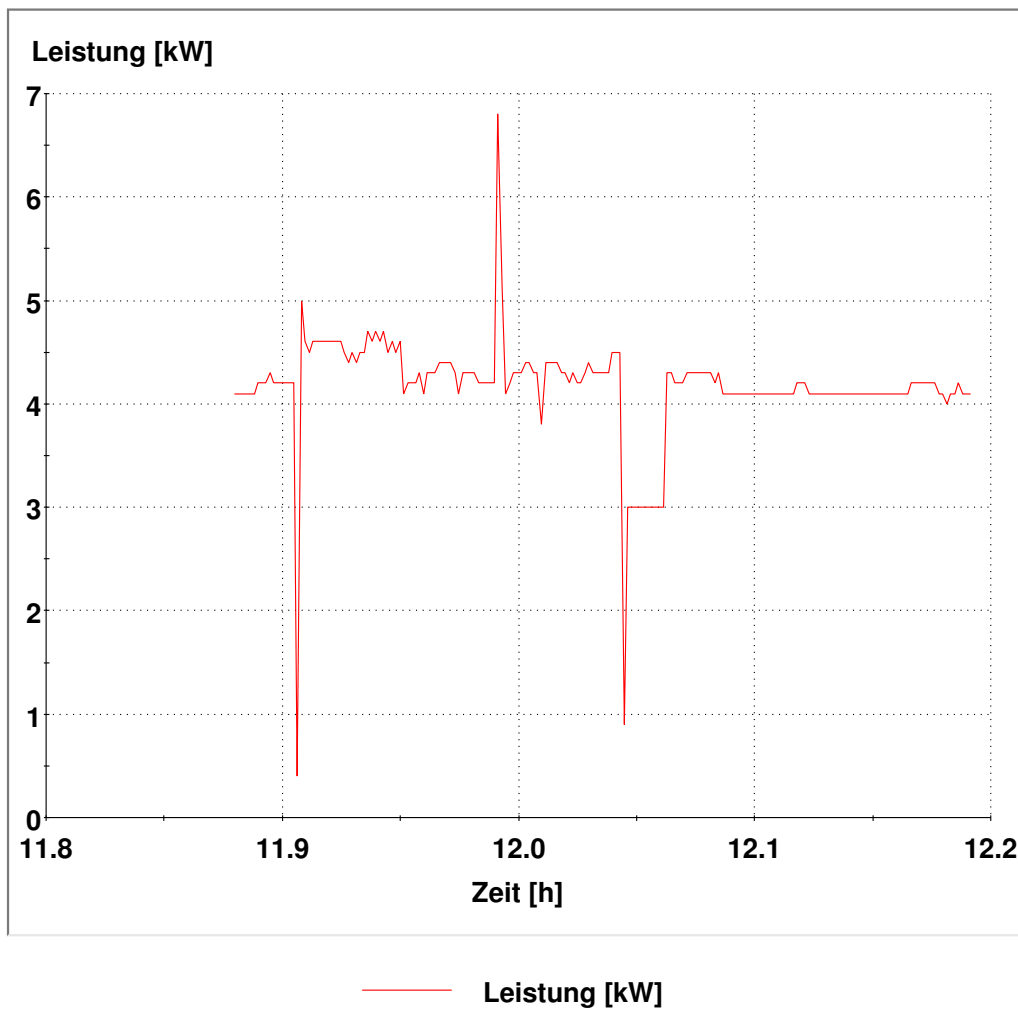
3.4 Novar CNC

Leistungsmessung Novar CNC Fräsmaschine (Datum: 2003 / 2 / 12)



3.5 Mazak 1 CNC

Leistungsmessung Mazak 1 CNC Drehmaschine (Datum: 2003 / 2 / 12)



4 Bewertung und Ausblick

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes konnte anhand eines KMU-Betriebes der Maschinenindustrie die Energieeffizienz der wichtigsten elektrischen Antriebe und der Beleuchtung sowie deren Optimierungspotential untersucht und aufgezeigt werden. Es zeigte sich, dass die Druckluftherzeugung mit über 50%-Anteil am elektrischen Gesamtbezug der dominierende Verbraucher ist. Hier können mit verhältnismässig einfachen und kostengünstigen Massnahmen wie Leckbehebung, Abschaltung bei Nichtgebrauch und Druckreduktion bereits signifikante Einsparungen erzielt werden.

Bei der zweitwichtigsten Verbraucherguppe, den Werkzeugmaschinen, sind Optimierungsmassnahmen auf Betreiberseite wesentlich schwieriger zu realisieren. Die Messungen zeigen bei allen Maschinen einen recht hohen Stand-By-Verbrauch, der wohl nur durch Verbesserungen auf Herstellerseite zu reduzieren ist. Allerdings zeigen die Hersteller wenig bis gar kein Interesse an derartigen Aktivitäten. Verarbeitungsgeschwindigkeiten und Maschinengrösse sind wichtigere Eigenschaften als Energiekosten. Bei Neubeschaffungen müssen die Betreiber die Aspekte der Energieeffizienz ebenfalls in ihre Anforderungskataloge aufnehmen. Jedoch wird ein einzelnes KMU-Unternehmen hier alleine wohl kaum etwas erreichen. So oder so: abschalten bei Nichtgebrauch ist auch in diesem Fall eine einfache und wirkungsvolle Massnahme.

Ein nicht unerhebliches Einsparpotential ist auch bei der Beleuchtung zu finden. Leuchtstofflampen der neusten Generation mit elektronischen Vorschaltgeräten bringen bei reduziertem Energiebezug höhere Leuchtleistungen. Es kann mit Einsparungen von gegen 30% gerechnet werden.

Leider wurden die geplanten Investitionen der Christoph Burkhardt AG aus Liquiditätsgründen auf unbestimmte Zeit verschoben.