

Strom- und Ressourceneffizienz in der Schweizer Druckindustrie

Potentialanalyse und Massnahmenkatalog



Verantwortlich für den Bericht

Verband der Schweizer Druckindustrie (VSD)

René Theiler
Projektleiter Technik und Umwelt
Schosshaldenstrasse 20
CH-3006 Bern

www.druckindustrie.ch
rene.theiler@vsd.ch

Autoren

René Theiler, Verband der Schweizer Druckindustrie (VSD) (Koordination)

Dr. sc. Adam Martin Gontarz, SIGMAtools GmbH

Sven Trecco, Projektingenieur, Dr. Eicher + Pauli AG

Beat Nussbaumer, Mitglied der Geschäftsleitung, Dr. Eicher + Pauli AG

**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	Zusammenfassung.....	4
2	Einleitung.....	7
2.1	Das Profil der Schweizer Druckindustrie	7
2.2	Projektvorhaben.....	8
2.3	Vorgehen	10
2.4	Projektziele	10
2.5	Projektkonsortium	10
2.6	Projektpartner	12
3	Optimierungsebenen / Anwendungsebene	13
3.1	Mikroanalysen.....	13
3.2	Makroanalysen	13
3.3	Hilfsmittel und Methoden	14
4	Mess- und Analyseverfahren.....	17
5	Resultate der Pilot-Untersuchungen	19
5.1	Druckerei A.....	19
5.2	Druckerei B.....	22
5.3	Druckerei C.....	25
6	Ergebnisse und Erkenntnisse	28
6.1	Allgemeine Erkenntnisse	28
6.2	Spezifische Erkenntnisse (individuell)	30
7	Beispiele und Best-Practice	33
8	Vorgehen und Prozess.....	35
9	Empfehlung	36
10	Bibliographie.....	38

1 Zusammenfassung

Erfahrungen aus vielen bereits durchgeführten Energieeffizienzprojekten zeigen, dass eine Sensibilisierung für ein kontinuierlich strategisch ausgerichtetes Energiemanagement erforderlich ist. Der vorliegende Bericht enthält Betrachtungen und Messberichte aus verschiedenen Betrieben der Druckindustrie in Bezug auf das Sparpotential der eingesetzten Energie. Dabei wurden Energieeffizienzmassnahmen in den Betrieben analysiert, um mögliche Ansätze zur Reduzierung des Energiesparpotentials zu entwickeln. In der einen Betrachtung wurden die haustechnischen Anlagen wie Lüftung und Klimatisierung auf Optimierung geprüft, aber auch prozessrelevante Technik wie die Druckluftanlage im Bezug zu den Energiekosten analysiert.

Eine Vielzahl von Energieeffizienzmassnahmen ist in der Druckindustrie möglich und im Grundsatz in jedem Betrieb vorhanden. Im Wesentlichen sind dies: Eliminierung von Druckluftlecks, Blas-Saugluftkompressor in klimatisierten Räumlichkeiten, gezielte Regulierung der Wärmeverteilung in der Produktion, Beleuchtungsoptimierung durch LED-Leuchten, Kühlwasserversorgung und die verschiedenen Trockner, die sehr energieintensiv sind, sowie die richtige Einstellung von Druck- und Regelparameter.

Mit diesem Bericht werden Analyseverfahren und Massnahmen aufgezeigt, die schnell und mit geringem Kostenaufwand realisiert werden können. Neben einer Grobanalyse wurden auch Feinanalysen und Messungen an Druckanlagen durchgeführt. Ziel dieser Mess- und Analyseaufgaben war:

Sensibilisierung und Energiemessung der Anlage und aller Komponenten in allen möglichen Betriebszuständen (1), Analysen und Massnahmenableitung zur Optimierung der bestehenden Anlage (Hardware, Regelung und Parametrisierung), sowie Prüfung von Retrofitoptionen oder Neuinvestition (2), Ableitung möglicher Produktionsoptimierung (Druckparameter) (3), Ermittlung der tatsächlichen Wärmeabgabe an die Produktionshalle (4) sowie die technische und wirtschaftliche Bewertung von Optimierungsmassnahmen (5).

Mit gezielten und individuellen Massnahmen werden Effekte erzielt, die neben technischen Optimierungen auch wirtschaftliche Vorteile, z. B. Senkung der Betriebskosten, ermöglichen. Argumente dazu sind:

- Prozesstransparenz und Wissen um eigene Prozessumgebung und Anlagen
- Sensibilisierung der Mitarbeiter für einen bewussten Umgang mit Energie
- bessere Bedingungen am Arbeitsplatz
- langfristige Wertsteigerung des Unternehmens
- Kenntnis über optimierte Prozessparameter und deren Auswirkungen und Einfluss
- Informationen für Investitionsentscheide für die Optimierung

Die Voranalyse der Pilotbetriebe Dr. Eicher + Pauli AG (e+p) sowie die Auswertung von Zielvereinbarungen bei 17 Druckereibetrieben (e+p) zeigen folgendes Bild:

1. Das wirtschaftliche Elektroeffizienzpotential (Payback unter acht Jahren) bei den Haustechniksystemen von Druckereibetrieben liegt bei rund 10%. Nicht berücksichtigt sind dabei Synergieeffekte im Rahmen der Optimierung der Druckereiprozesse.

2. Die grössten Elektroeffizienzpotentiale der Haustechniksysteme liegen in den Bereichen „Kühlung“ und „Lüftung“. Dies hängt mit den zum Teil hohen Anforderungen an das Produktionsklima und den hohen internen Wärmelasten z. B. der Produktionsprozesse zusammen.
3. Bereits im Rahmen von Erstbegehungen können rasch umsetzbare Sofortmassnahmen ermittelt werden. Die Optimierung erfolgt meist durch die Anpassung der Betriebs- und Raumparameter in vorhandenen Regelsystemen und ist meist auch mit einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen verbunden (Vermeidung Zugerscheinungen, Reduktion Lärmbelastung etc.).

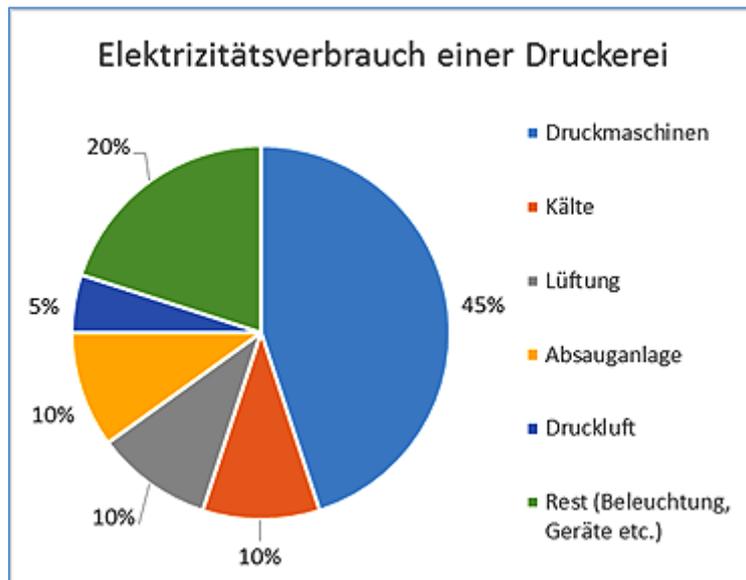


Abbildung 1.1: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs einer Druckerei (grobe Aufteilung).

Auf der Datenbasis von 17 verschiedenen EnAW Standorten aus dem Bereich der Offsetdruckereien kann für die Potentialanalyse folgende Erkenntnis festgestellt werden:

Elektrizitätsverbrauch einer Druckerei im **Median: 5.7 GWh/Jahr**

Wirtschaftliches Potenzial: **ca. 8% oder ca. 460 MWh/Jahr**

Konkrete meistens wirtschaftliche Massnahmen zur Reduktion:

Kälte:	Lüftung:	Druckluft:
<ul style="list-style-type: none"> - Anheben Kaltwassertemperatur - Ersatz Kältemaschine - Ersatz MSRL - Nutzung Freie Kühlung - Optimieren Luftführung Klima-kälte 	<ul style="list-style-type: none"> - Ersetzen Ventilator - Betriebsoptimierung - Reduzieren Luftbefeuchtung - Reduzieren Betriebszeiten - Ersatz MSRL 	<ul style="list-style-type: none"> - Ersatz Kompressor - Vermeiden Leckagen - Rückbau Druckluftnetz - Einsetzen übergeordnete Druckluftherzeugung

Potenziale der Massnahmen über alle 17 Betriebe gesehen (gesamter Verbrauch: 96 GWh/Jahr).

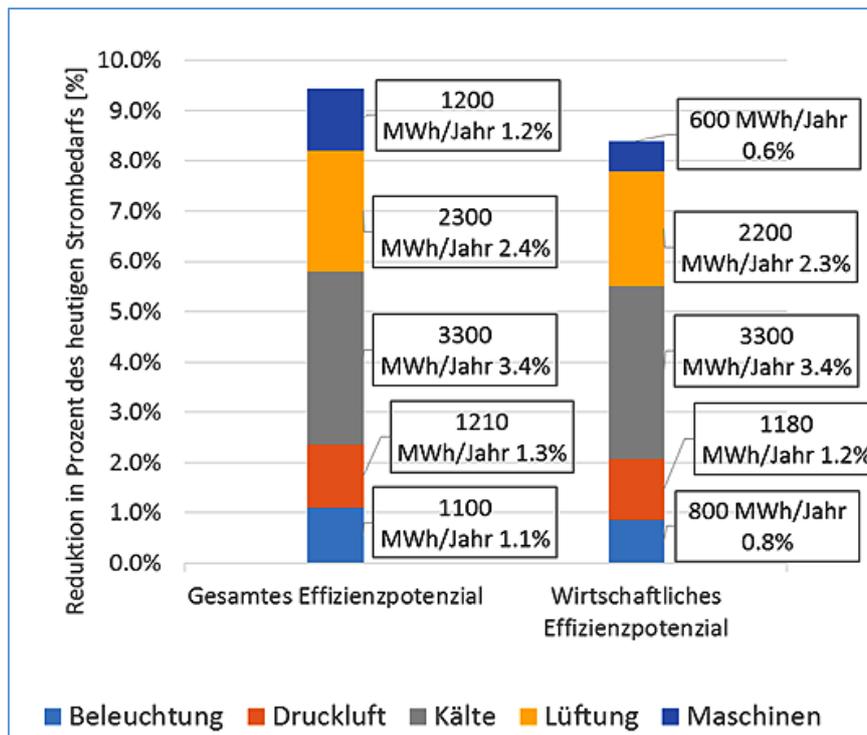


Tabelle 1 Potenzial der Massnahmen über die Druckereien der EnAW-Studie.

Die vertieften Analysen der Druckereiprozesse und -maschinen zeigen, dass in erster Linie durch Steuerungs- und Regelungsoptimierungen Elektrizitätseinsparungen im Umfang von 10–20% wirtschaftlich realisiert werden können. Die Verbrauchsreduktionen haben auch einen positiven Einfluss auf die internen Lasten, was bei den Haustechniksystemen zusätzliche Einsparungen bewirkt.

Es konnten mit den Pilotanalysen allgemeingültige und spezifische Erkenntnisse gewonnen werden, welche nun direkt bei den Systemanbietern implementiert werden können. Für individuelle und prozessabhängige Optimierungen sind zusätzlich weitere Feinanalysen nötig und sinnvoll. Hierbei können Optimierungen von bis zu 40% erzielt werden. Im Wesentlichen setzen sich die Einsparpotentiale aus folgenden Massnahmen zusammen:

- Anpassung von überhöhten Prozessanforderungen (Temperaturen, Luftmengen etc.)
- Reduktion der Bereitschaftszeiten und Vermeidung von „Betrieb bei Nichtbedarf“
- Ersatz von überdimensionierten Komponenten
- Anpassung von Prozessparametern

Die gewonnenen Erkenntnisse werden mit den folgenden Schritten angezeigt und umgesetzt und dienen als Referenz für die Optimierungen weiterer Druckereien:

1. Erarbeitung und Kommunikation von „Best-Practice Effiziente Druckereibetriebe“
2. Präsentation an Verbandsanlässen
3. Initiierung und Förderung von Elektroeffizienzmassnahmen im Rahmen der BFE-Ausschreibung ProKilowatt

2 Einleitung

Energie ist ein wesentlicher Kostenfaktor in der Druckproduktion. Der starke Franken, schneller technologischer Wandel und die elektronischen Publikationsmöglichkeiten sind grosse Herausforderungen für die Zukunft der Druckindustrie. Umso wichtiger ist es, Potential für eine Reduktion der Kosten zu finden um eine effiziente Produktion mit geringen Kosten für den Standort Schweiz zu entwickeln. Eine Sensibilisierung auf die energetischen Schwächen innerhalb der Produktion als auch der Produktionsanlagen kann zu zielgerichteten Massnahmen und einer verbesserten Nutzung führen. In Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Energie (BFE) und den Projektpartnern Dr. Eicher + Pauli AG sowie dem ETH-Startup SIGMAtools GmbH, analysierte der Verband der Schweizer Druckindustrie (VSD) in drei unterschiedlichen Druckunternehmen die Energieeffizienz am Gebäude, der Produktion und an den Druckanlagen. Die effiziente Energienutzung im Kontext zwischen Produktionsmittel und der bestehenden Gebäudehülle stand bei dieser Potentialanalyse im Vordergrund. Die Feinanalysen und Messungen der Anlagen vor Ort unterstützen die Ableitung allgemeiner Optimierungsmassnahmen (z. B. tatsächlicher Kühlbedarf) und helfen individuelle Potentiale zu identifizieren sowie technisch realisierbare und wirtschaftlich tragbare Lösungen zu finden.

2.1 Das Profil der Schweizer Druckindustrie

Druckerzeugnisse (Druckindustrie ohne Verlage (NOGA 22.2))

- Werbdruck und Kataloge, Geschäftsdrucksachen, Zeitschriften, Zeitungen und Anzeigebblätter
- Bücher und kartografische Erzeugnisse, Bedruckte Etiketten, Kalender und Karten
- Sonstige Druckerzeugnisse z. B. Plastiketiketten, Plastiktüten und Glasplatten, Waren aus Metall

Druckweiterverarbeitung

- Weiterverarbeitung der bedruckten Bogen, z. B. zu Büchern, Broschüren, Zeitschriften, Katalogen

Druck- und Medienvorstufe

- Satzherstellung, Dokumentenerstellung, Aufbereitung von Digitaldaten, rechnergestütztes Entwerfen, digitales Ausschliessen, Plattenherstellung einschliesslich der Direktverfahren Computer to Plate (CTP), Digitale Druckproduktion, Herstellung von Andrucken (Proofs)

Druckbezogene Dienstleistungen

- Herstellung von reprografischen Erzeugnissen und Präsentationsmedien, Entwerfen von Druckerzeugnissen wie Skizzen und Layouts, sonstige grafische Tätigkeiten wie Stanzen, Brailledrucken, Lochen, Bohren, Perforieren, Prägen, Lackieren, Laminieren, Kollationieren, Einstecken

Branchenkennziffern

- Basis der Kennziffern sind die Daten des Faltprospektes „Die Schweizer Druckindustrie in Zahlen 2015“ des Verbandes der Schweizer Druckindustrie (VSD).

	Masseinheit	2013	2014
Gesamtumsatz grafische Industrie	Mio. CHF	4'111	3'850
Umsatz pro Beschäftigten	CHF	204'750	194'500
Gesamtwertschöpfung grafische Industrie	Mio. CHF	2'672	2'500
Wertschöpfung pro Beschäftigten	CHF	133'100	126'400
Umsatzanteil Druckweiterverarbeitung	Mio. CHF	167	
Umsatzanteil Druck- und Medienvorstufe	Mio. CHF	556	

Tabelle 2: Umsatz der Grafischen Industrie.

Umsatzanteil je Produktgruppe		Umsatzanteil der Druckverfahren	
Bücher	8%	Offsetdruck	91%
Geschäftsdrucksachen	18%	Hochdruck	1.5%
Verpackungsdruck	10%	Digitaldruck	5%
Werbedrucksachen	24%	Siebdruck	0.5%
Zeitungen	19%	Andere	2%
Zeitschriften	15%		
Übrige Erzeugnisse	6%		

Tabelle 3: Umsatzanteile je Produktgruppe.

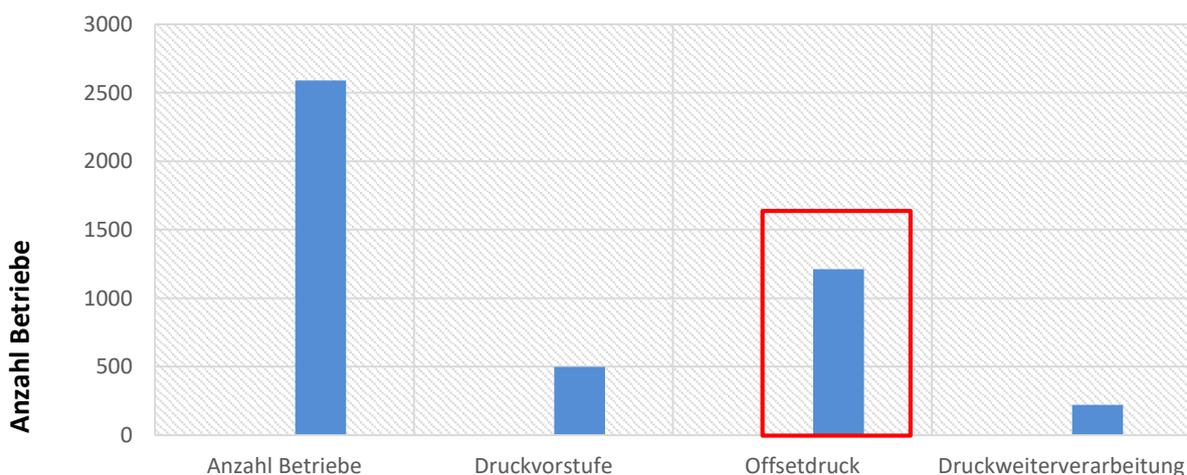


Abbildung 2.1: Anzahl der Betriebe in der Schweiz, Quelle: Eidgenössische Betriebszählung 2014.

Für die Potentialanalyse haben wir uns auf den Bereich des Offsetdrucks konzentriert, welcher mit 1'213 Firmen die grösste Sparte darstellt und einen geschätzten Verbrauch von knapp **5'000 GWh/Jahr** aufweist.

2.2 Projektvorhaben

Energieeffizienz als Schlüssel zur wirtschaftlichen Entwicklung

Mit dieser Potentialanalyse soll eine realistische Abschätzung des Einsparpotentials in den Bereichen der Produktion aufgezeigt werden. Die Steigerung der Effizienz der Produktionsmittel und ein sparsamer Umgang mit Energie im Allgemeinen, ist betriebswirtschaftlich sinnvoll, weil die Stromrechnung einen erheblichen Teil der Betriebskosten in der Druckindustrie darstellt. Ein wichtiger Aspekt in dieser Richtung ist der konsequente Einsatz des

ProzessStandard Offsetdruck (PSO) in der Produktion. Bei der Anwendung dieses Standards können enorme Kosten gespart werden. Es ist möglich, eine effiziente Kontrolle der Produktion einzurichten und somit das Produkt während seiner Entstehung an den wichtigen Arbeitsschritten qualitativ zu beurteilen und, falls erforderlich, im Prozess einzugreifen. Ohne Mess- und Analysedaten kann keine Optimierung erfolgen. Durch optimale Prozessbeherrschung resultiert ein besserer Umgang mit den prozessrelevanten Ressourcen (Energie, Medien, Zeit und Geld).

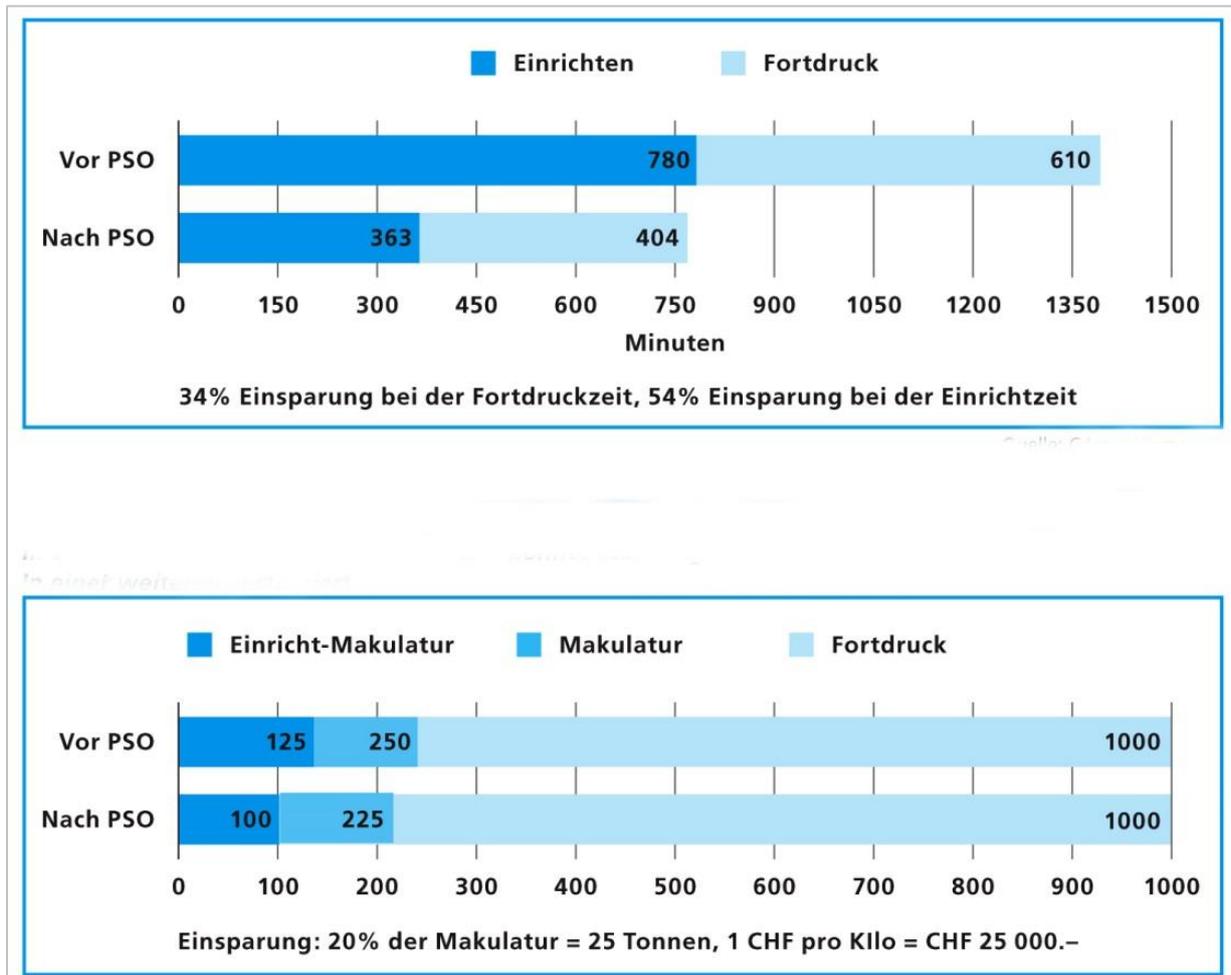


Abbildung 2.2: Vergleich vor und nach PSO, Quelle: PSO zertifizierte Bogenoffset-Druckerei

Beim konsequenten Einsatz von PSO in der Produktion können die Zeiten für das Einrichten um 54% und den Fortdruck um 34% reduziert werden – bei jedem Job, über das gesamte Jahr.

Die Einsparung von Makulatur bei der Anwendung von PSO liegt bei einer Offsetdruckerei bei rund 20% was bei einem Preis von CHF 1.- pro Kilo im Jahr rund CHF 25'000.– ausmacht. Das bezieht sich auf Materialien (Bedruckstoffe und Farbe), welche nicht gekauft und entsorgt werden müssen.

Optimierung durch den PSO im Prozess ist eine erste Massnahme für die Reduzierung der Energie und lässt sich an den beiden Beispielgrafiken sehr gut aufzeigen. In diesem Bereich haben viele Schweizer Druckereien einiges Potential, neben den Massnahmen an

Maschinen oder an der Gebäudeinfrastruktur. Für ein Unternehmen ist es enorm wichtig, die Stoff- und Energieflüsse im gesamten Unternehmen zu kennen, zu bewerten und entsprechend zu optimieren.

Unternehmen, die ihre Prozesse und den Energie sowie Materialverbrauch optimieren, sind auf Dauer leistungsfähiger und vermögen sich im Wettbewerb mit anderen Betrieben besser zu behaupten. Wer den Ablauf der Prozesse im Griff hat, kann in der Regel auch mehr Wertschöpfung generieren. Dieses Umdenken hat in vielen Druckereien in den letzten Jahren bereits begonnen. Die Ansprüche der Nutzer laufen einem energieoptimalen Betrieb oft entgegen. Genaue Kenntnisse dieser Ansprüche sind deshalb von zentraler Bedeutung zur Steigerung der Energieeffizienz und sollen mit dieser Potentialanalyse exemplarisch aufgezeigt werden. Im Grundsatz gilt: ein analysierter Prozess ist ein sicherer Prozess und in der Regel damit besser plan- und steuerbar.

Der VSD erhebt mit dieser Studie die vorhandenen Potentiale im Energiebereich und analysiert in den Betrieben die entsprechenden Zahlen. Daraus ableitend soll ein Massnahmenkatalog erstellt werden, der konkrete Möglichkeiten für Sparmassnahmen erläutert. Die Massnahmen werden aus dem Umfeld der Branche, der Produktionsmittel und des Produktionsspektrums abgeleitet.

2.3 Vorgehen

Der VSD hat aus seinen Mitgliedsbetrieben exemplarisch drei Druckereien ausgewählt, welche für die Analyse angefragt wurden. Die Druckereien wurden vorab durch den Projektleiter über die zu erwarteten Arbeiten und Aufwände informiert. Für die Auswahl wurde eine klassische Offsetbogendruckerei mit zusätzlichen Digitaldruck (HP-Indigo), eine Offsetrollendruckerei mit Bogenoffset und Digitaldruck (Xerox iGen4) sowie eine Mailingdruckerei mit gemischtem Maschinenpark und UV-Anlagen sowie Laser-Digitaldruck (Xerox) ausgewählt.

2.4 Projektziele

Die Hauptziele der Potentialanalyse sind einerseits die Bestimmung des Stromverbrauchs der Druckindustrie in der Schweiz und andererseits die Berechnung des Stromeinsparungspotentials für die verschiedenen Technologien, sowie die entsprechenden stromeffizienten Massnahmen. Durch ein geschicktes Verhältnis zwischen „Bottom-up“ und „Top-down“ Vorgehen, d. h. der sinnvolle Einsatz von Grob- und Feinanalysen, soll die Potentialanalyse den Stromverbrauch der Druckindustrie nach Technologien im aktuellen Zeitrahmen analysieren.

Die Studie soll einen Massnahmenkatalog hervorbringen, welche in der Schweiz gut umsetzbar sind und die sich auf die Erfahrung aus konkreten Projekten, die bei den Firmen umgesetzt wurden, stützen.

Ausserdem sollte die Studie auch die Hemmnisse nach Technologien, ein grobes Umsetzungskonzept sowie eine Kostenwirksamkeit der Massnahmen aufzeigen.

2.5 Projektkonsortium

Die folgenden Firmen waren direkt an der Projekterarbeitung, Akquise, Grob- und Feinanalyse als auch Massnahmenableitung beteiligt.

Verband der Schweizer Druckindustrie (VSD)

Der VSD vertritt als Arbeitgeberorganisation und Wirtschaftsverband die Anliegen seiner Mitglieder, insbesondere in den Bereichen Druckvorstufe (Repro), Druck, Karton- und Papierverarbeitung. Als Informationszentrum ermöglicht der VSD seinen Mitgliedern kompetent, schnell und unkompliziert Zugriff zu technischen Informationen. Durch zahlreiche Kompetenzen innerhalb der Geschäftsstelle sowie durch das grosse Experten-Netzwerk wirkt des VSD als Drehscheibe für die Anliegen seiner Mitglieder. >> www.druckindustrie.ch

Dr. Eicher + Pauli AG

Seit der Gründung 1986 ist Eicher + Pauli (e+p) dank konzeptionellen und innovativen Lösungen vor allem in der Deutschschweiz zu einer anerkannten Unternehmung geworden. In den letzten 30 Jahren hat e+p an der Energiezukunft der Schweiz mitgearbeitet und grosse Erfahrung mit energieeffizienter Gebäudetechnik und dem Einsatz erneuerbaren Energien erworben.

Aktuell zählt Eicher + Pauli 165 Mitarbeitende, verteilt auf sechs Standorte in der Deutschschweiz, sowie zwei Tochtergesellschaften. Über die Hälfte der Beschäftigten besitzt einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss. In den Bereichen Lüftungs-, Heizungs- und Sanitärtechnik werden Lernende ausgebildet, um gezielt qualifizierte Mitarbeiter zu gewinnen.

Zu den Kernkompetenzen von e+p zählen neben der Gebäudetechnik die strategische Planung und die Energietechnik. >> www.eicher-pauli.ch

SIGMAtools GmbH

SIGMAtools ist ein ETH Startup, das 2013 am Institut für Werkzeugmaschinen IWF der ETH Zürich gegründet wurde. Das Startup ist spezialisiert auf die Messung und Analyse von Produktionsanlagen. Neben der Prozessanalyse werden die für den Prozess notwendigen Ressourcen (u. a. Energie, Regelparameter, Medien) gemessen und analysiert.

Aus der Maschinenbauindustrie kommend, wurde das Mehrkanalmesssystem, Soft- und Hardware als auch die Analyseverfahren entwickelt. Dieses Vorgehen erlaubt eine vollständige und synchronisierte Messung aller Komponenten, inkl. Druckluft und externen Kühlanlagen. Die SIGMAtools GmbH kann damit Messungen und Analysen komplexer technischer Anlagen, wie z. B. Offsetdruckanlagen, Werkzeugmaschinen oder Fertigungsanlagen binnen kürzester Zeit durchführen. >> www.sigmatools.ch

2.6 Projektpartner

Die folgenden Druckereien waren Projekt- und Umsetzungspartner der vorliegenden Studie.

Druckerei A

Ihre Kompetenz liegt in der Konzeption, der Herstellung und dem Vertrieb elektronischer und gedruckter Publikationen in hoher Qualität. Sie beschäftigen am Standort in Wabern bei Bern rund 30 Mitarbeitende und 4 Lernende. Sie arbeiten im Bereich des Bogenoffsetdruck.

Druckerei B

Das Angebot der Druckerei in der Region Zürich umfasst Produktionsvorstufe, Digitaldruck, Bogenoffset, Rotationsoffset, Weiterverarbeitung, Web-Finishing und Mailservice. Mit ca. 135 Vollzeitstellen und 20 Teilzeitstellen gehört die Druckerei zu den grösseren Unternehmen in der grafischen Industrie im Schweizer Markt.

Druckerei C

Dieser Druckereibetrieb ist im Zürcher Oberland. Die Kernkompetenz liegt in den Bereichen Mailing, Mailingvordrucke, Streuprospete, Falzprospete, Zeitungsbeilagen, Formulare, Laservordrucke und Einzahlungsscheine. Mit 30 Mitarbeitenden und 2 Lernenden ist sie ein mittleres Unternehmen in der grafischen Industrie.

3 Optimierungsebenen / Anwendungsebene

Die in diesem Projekt durchgeführten Messungen und Analysen wurden auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen durchgeführt. Die Ebenen unterscheiden sich prinzipiell durch ihre Systemgrenzen und die daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten. Prinzipiell wird dabei in Makro- und Mikroanalysen unterschieden. Eine weiterführende Beschreibung zu der

Unterscheidung kann der Literatur bei Vijayaraghavan and Dornfeld [1] entnommen werden. Im Grundsatz können einer allgemeinen Ebene (Unternehmen oder Gebäude) durch Grobanalysen (Top-Down-Verfahren), Schwächen zwar indiziert werden, direkte Optimierungsmassnahmen aber nicht immer abgeleitet oder bewertet werden. Dagegen können bei einer Feinanalyse (Bottom-Up-Verfahren) direkte Optimierungsmöglichkeiten definiert werden, allerdings ist eine Gesamtübersicht nicht gegeben. Daher wurde eine Kombination beider Verfahren angewandt. Grundsätzlich gilt, dass für die Nutzung von Synergieeffekten beide Verfahren abgestimmt anzuwenden sind. Für eine möglichst vollständige Ausschöpfung der Potentiale unter Beibehaltung eines vertretbaren Aufwandes, sollen in Zukunft die erarbeiteten Best-Practice-Beispiele dienen. Ergebnisse der Feinanalyse und individuelle Optimierungen zeigen, welche Massnahmen zusätzlich möglich sind, wenn Detailmessungen und -analysen durchgeführt werden. Im Folgenden werden die beiden Betrachtungsebenen näher erläutert.

3.1 Mikroanalysen

Unter Mikroanalysen fallen alle Analysen, die innerhalb der Produkt-Systemgrenzen liegen. D. h. es werden alle Komponenten innerhalb der Druckmaschine betrachtet. Diese haben einen direkten Prozessbezug und sind in der Regel anlagenspezifisch. So werden in der Mikroanalyse die Anlagenelemente Druckwerk, Antriebe, Trocknung, Ab- und Aufrollung, Falzwerke und Luftschrank sowie andere Komponenten innerhalb der Systeme und Subsysteme gemessen, analysiert und in den Zusammenhang zur Energieeffizienz gestellt. Die Mikroanalyse hilft zu indizieren, wo mögliche energetische Schwächen im System zu finden sind. Die Herausforderung ist, ein Maximum des Optimierungspotentiales auszuschöpfen unter Beibehaltung der qualitätsbedingten Sicherheitstoleranzen der Betriebsparameter. Die Optimierung im Druckereiprozess führt in der Regel auch zu einer Einsparung in der Haustechnik, d. h. Makro-Bereich, und hat damit eine verstärkende Wirkung. Der Nachteil ist, dass in der Regel, im Vergleich zur Makroanalyse, der Mess- und Analyseaufwand höher ist.

Beispiel

Betrachtet wird die Leistung am Zentralantrieb bei der Druckgeschwindigkeit 210 m/min. Anhand der Motorleistung und Regelgüte der Komponenten konnte gezeigt werden, dass eine Druckgeschwindigkeitserhöhung bis 300 m/min die Effizienz steigert. Die Messung an den Antrieben zeigt, dass Reibverluste sich nicht exponentiell erhöhen. Damit können im vorliegenden Fall im Druckprozess rund 20% Energie eingespart werden.

3.2 Makroanalysen

Unter Makroanalysen fallen alle Analysen, die ausserhalb der Produkt-Systemgrenzen liegen. D. h. es werden alle sekundären Elemente betrachtet, welche ausserhalb der Druckmaschine liegen. So wird in der Makroanalyse das Gebäude und die Gebäudetechnik, sowie auftragsbezogene Parameter, wie beispielsweise die Schichtanzahl und das Auftragsvolu-

men, analysiert und in den Zusammenhang zur Energieeffizienz gestellt. Die Makroanalyse hilft zu indizieren, wo mögliche energetische Schwächen zu finden sind. Ein Vorteil liegt im relativ kleinen Aufwand, indem bereits mit einer Grobanalyse (Erstbegehung) erste Sofortmassnahmen ermittelt und ohne nennenswerte Investitionen umgesetzt werden können. In der Regel bedingen Makroanalysen auch keine Messungen, allerdings sind die Analysen und Massnahmen mit einer Ungenauigkeit behaftet. In Kombination mit Feinanalysen können Grobanalysen bestätigt werden.

Beispiel

Durch die mangelhafte Dämmung eines Einbrennofens fällt eine grosse Wärmelast im Produktionsraum an und muss mit der Kälteanlage gekühlt werden.

3.3 Hilfsmittel und Methoden

Im Folgenden werde die für das Projekt verwendeten Werkzeuge, Dokumente und Verfahren beschrieben. Die unten aufgeführte Beschreibung zeigt die primär relevanten Mittel auf, die Liste ist damit nicht abschliessend.

Weil sich betriebs- und produktionsbedingt immer neue Bearbeitungsrahmen und -vertiefungen ergeben, sind diese Leistungen in der SIA nicht standardisiert und werden jeweils auftragsspezifisch definiert.

Im Gegensatz zu einer Feinanalyse (Mikroanalyse), welche die Grundlagen für die detaillierte Beschreibung der einzelnen Massnahmen liefert, gibt die Grobanalyse eher Hinweise auf das weitere Vorgehen und Indikation.

Grobanalyse

Zur Durchführung werden folgende Mittel (oder ein Teil davon) eingesetzt:

- Begehungen
- Ermittlung Betriebsparameter und -anforderungen
- Studium der Unterlagen wie Pläne, Energieverbrauchszahlen etc.
- Ermittlung und Interpretation der Energiekennzahlen
- Erarbeitung Energiebilanz
- Massnahmen mit Kosten/Nutzen und Terminierung (Abstimmung mit Unterhalt)
- Potentialanalyse
- Massnahmenableitung und weiteres Vorgehen

Methoden

Katalog von Einzelmassnahmen im Energiebereich gegliedert nach Sofort-, kurzfristigen und abhängigen Massnahmen sowie geordnet nach Verwendungszwecken mit folgenden Angaben:

- Energieeinsparung getrennt nach Wärme, Elektrizität und Frischwasser
- Investitionen getrennt nach Gesamt- und energetischen Mehrinvestitionen
- technische Nutzungsdauer
- Jahreskosten der energetischen Mehrinvestitionen mit Annuitätenmethode
- Jahresnutzen inkl. Energiepreis-Teuerung
- Kosten/Nutzen inkl. Energiepreis-Teuerung

Aus der Grobanalyse und deren Erkenntnisse können verschiedene Massnahmenpakete abgeleitet werden. Unterschieden werden die Massnahmenpakete „Sofortmassnahmen“ (S), „Sofort- plus kurzfristige Massnahmen“ (S+K) sowie für Paket „Sofort- kurzfristige und abhängige Massnahmen“ (S+K+A) mit folgenden Angaben:

- Energieverbrauch Wärme, Elektrizität, Total Energie und Frischwasserbedarf
- Energiekennzahlen Wärme, Elektrizität, Total, Wasser (m³/m² pro Jahr)
- Prozentuale Einsparung Wärme, Elektrizität, Wasser, Total
- Investitionen, Jahreskosten, Jahresnutzen mit Energiepreisteuerung
- Kosten/Nutzen-Verhältnis mit Energiepreisteuerung

Die Genauigkeit, mit der Massnahmen bewertet und empfohlen werden können, beträgt für das Energieeinsparungspaket S rund $\pm 15\%$, für das Investitionspaket S+K $\pm 25\%$ und für das Paket S+K+A $\pm 30\%$.

Feinanalyse

Für die Prozess-, Produkt- und Maschinenoptimierung sind Messungen und detaillierte Messdaten zwingend notwendig. Weitergehend können effektive Messdaten auch als Input für die Grobanalyse verwendet werden. Hierbei wurde das von SIGMAtools GmbH entwickelte Mehrkanalmesssystem verwendet (siehe Kapitel 4). Dieses ist für sämtliche Produktionsanlagen wie z. B. Druckmaschinen und Werkzeugmaschinen geeignet. Produktionsanlagen sind komplexe, mechatronische Anlagen mit einer Vielzahl voneinander abhängiger und unabhängiger Komponenten und Wechselwirkungen. Mit konventioneller Messtechnik (z. B. 3-Phasen-Spannungsprüfer) können lediglich sequentielle Messungen durchgeführt werden, jedoch keine Gesamtsystembetrachtung. Mit dem Mehrkanalmesssystem aber werden weitergehend alle Energie- und Medienströme (z. B. Druckluft, Kühlwasser) gleichzeitig und synchronisiert aufgezeichnet. So kann beispielsweise geprüft werden, welche Komponenten in welchem Betriebszustand aktiv sind und ggf. durch eine angepasste Regelung oder zielgerichtetes Retrofit optimiert werden können.

Methode(n)

Auf Basis des Anlagen-E-Schemas werden Messpunkte vordefiniert und mit Hilfe des Betriebselektrikers vor Ort in ca. 30 Min. installiert. Dabei werden alle relevanten Komponenten (mind. 80% der Gesamtleistung) gemessen und analysiert. Das standardisierte Messprogramm ist von dem Standarddruckauftrag abhängig, beträgt jedoch inkl. Vorbereitung, Einbau, Messung und Ausbau rund 4 Stunden.

Auf Basis der Messdaten werden verschiedene Analysealgorithmen für die Effizienzbewertung als auch wirtschaftliche Bewertung der definierten Massnahmen verwendet. Ein ausführlicher Messbericht und eine Endpräsentation der Messung, Beobachtungen und Massnahmenableitung wird vorgestellt und mit dem Anlagenbetreiber/Drucker, wenn möglich Anlagenhersteller und den Energieexperten diskutiert.

Die Massnahmen sind stets individuell und basieren auf den messtechnischen Erkenntnissen. In der Regel ergeben sich folgende Massnahmen:

- Effizienzoptimierte Prozessparameter, z. B. Druckgeschwindigkeit
- Betriebsgerechte Kühloptionen
- Betriebsgerechte Trocknereinstellung
- Standbyoptimierung und Abstellung nicht benötigter Komponenten

- Erkenntnisse zur Hallenkühlung durch Leistungsgang der Anlage

Die Genauigkeit, mit der Massnahmen bewertet und empfohlen werden, sind individuell und in Abhängigkeit der Druck- und Qualitätsanforderungen definiert. Alle Massnahmen basieren auf Messdaten mit einer Genauigkeit von $\pm 1.5\%$. Massnahmen können damit auf Basis der Messdaten technisch und wirtschaftlich bewertet werden.

Fazit

1.) Grobanalyse ist der erste wichtige Schritt, um Massnahmen zu identifizieren und vor allem regelbasierte Optimierungen (d. h. Best-Practice) zu erkennen. Daten zum Energieverbrauch sind dabei wichtig. Auf Basis der Datenlage kann zwar eine allgemein gültige Lösung, leider aber auch nur eine grobe Abschätzung von Massnahmen und Einsparung definiert werden.

2.) Grobanalysen sollten anzeigen, wo Feinanalysen sinnvoll und zielführend sind. Es wurde in diesem/-r Projekt/Studie erkannt, dass der Kühlbedarf als auch die Trocknung ein wesentlicher, energetischer Faktor sind. Für eine weiterführende Analyse und zielführende Massnahmenableitung sind Messdaten und Analysen notwendig.

3.) Feinanalysen helfen, die in der Grobanalyse vordefinierten energetischen Schwächen zu validieren oder zu widerlegen. Sie werden nicht zwangsläufig für regelbasierte Massnahmen benötigt, sollten aber angewandt werden, um Massnahmen technisch als auch wirtschaftlich zu bewerten. Feinanalysen helfen, neben regelbasierten Massnahmen, weitere individuelle Optimierungen zu finden. Ohne Messdaten können keine Analysen und damit auch keine Massnahmen definiert und bewertet werden.

4 Mess- und Analyseverfahren

SIGMAtools-Mehrkanalmesstechnik

Das verwendete Mehrkanal-Messsystem wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung IWF der ETH Zürich durch Adam Gontarz entwickelt. Weiterführende Informationen und forschungsbezogene Relevanz sind bei Gontarz et al. [2] zu finden. Das Messsystem bietet hochfrequente, synchronisierte Messdaten mit bis zu 18 Kanälen (inkl. 1-3 Phasen Strom, Fluid- und Druckluft-Durchfluss sowie Temperaturen). Damit werden alle relevanten Energieströme innerhalb der Systemgrenze in allen möglichen Maschinenbetriebszuständen gemäss ISO 14955 [3] und VDMA 8873-1 [4] aufgenommen.

Messung der elektrischen Verbraucher

Die elektrischen Verbraucher wurden mit den von SIGMAtools GmbH angepassten Messgeräten vom Typ Acuvim II gemessen. Die aktiven Messkanäle der Mehrkanalmessung werden im ersten Schritt softwareseitig getriggert und dann in der Datenanalyse synchronisiert. Damit ist eine synchronisierte Messung garantiert). Der Strom und die Spannung aller Phasen werden mit 4 kHz abgetastet und die daraus berechneten Wirk- und Blindleistungen werden alle 200 ms übertragen und aufgezeichnet. Damit können auch sehr dynamische Prozesse, z. B. Anlauf oder Geschwindigkeitserhöhung gemessen und analysiert werden. Der Messfehler beträgt $\pm 1.5\%$ des Messbereichs. Gemessen werden alle Komponenten, die mind. 10% der Gesamtleistung in allen Betriebszuständen haben bzw. es werden alle Komponenten gemessen, um mind. 80% der Gesamtleistung zu quantifizieren. Bei den vorliegenden Messungen wurden stets über 90% der Komponenten gemessen.

Messung des Druckluftverbrauches

Der Druckluftverbrauch wurde mit dem Sensor VPFlow inline gemessen. Der Durchfluss wird alle 200 ms in Norm- m^3/h aufgezeichnet. Ein Norm- m^3 ist gemäss DIN 1343 definiert als das Luftvolumen bei 0°C und 1.013 bar. Die elektrische Leistung des Durchflusses wird bestimmt indem der Durchfluss mit dem Faktor $0.13 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{min})$ multipliziert wird. Dieser Faktor berücksichtigt den mittleren Wirkungsgrad eines industrieüblichen Kompressors und ist gemäss [4] definiert (siehe Abbildung 2.1) sowie im Feld validiert. Hierzu wird auf die Literatur Züst et al. [5] verwiesen.

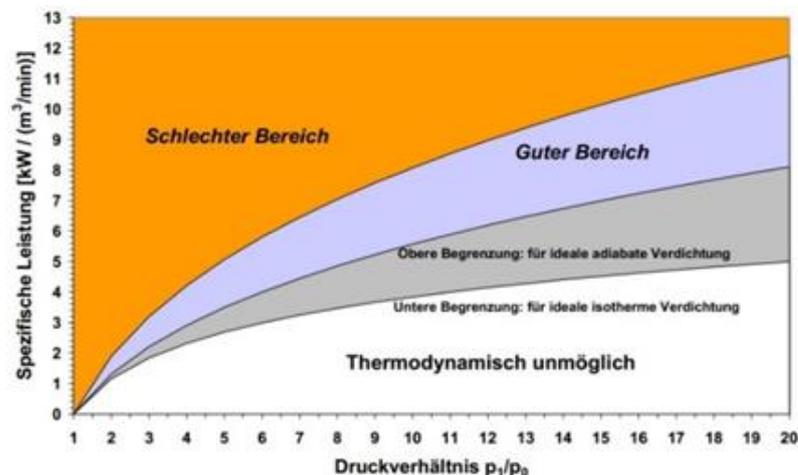


Abbildung 4.1: Spezifischer Leistungsbedarf zur Druckluftherzeugung gemäss Fraunhofer [4]

Messung anderer Energieformen

Andere Energieformen wurden unternehmensspezifisch definiert. So wurden beispielsweise externe Kühlwasserversorgungen aufgrund ihrer konstanten Leistung (Durchfluss und Eingangstemperatur) nicht gemessen aber in der Gesamtbilanzierung berücksichtigt. In der Regel wurde der Druckluftzufluss und alle relevanten elektrischen Verbraucher gemäss der Anlagensystemgrenze nach ISO 14955 gemessen.

5 Resultate der Pilot-Untersuchungen

Im Folgenden werden die durchgeführten Messungen beschrieben und die individuellen Ziele vorgestellt. In allen Fällen wurden Makro- als auch Mikroanalysen durch Eicher + Pauli sowie SIGMAtools GmbH durchgeführt.

5.1 Druckerei A

Zusammenfassung Grobanalyse (Makrountersuchung)

Elektrizitätsverbrauch der Druckerei A 2014: Aus der „Stromabrechnung 2014“ sind die Energiekosten sowie der Energieverbrauch einsehbar.

	Elektrizität	Stromkosten (inkl. Nebenkosten)*	CO ₂
	kWh/a	CHF/a	Kg-CO ₂ -eq/a
Verbrauch 2014	1'123'501	175'450.00	14'156

Tabelle 4: Quelle: Excel-Tabelle "Stromkosten 2014", Blatt "Kostenzusammenstellung". Summe der Zeilen 24 + 35.

Aufgrund der diversen Privatzähler und Zählerdaten ist es möglich, die Aufteilung des Strombedarfs in einem Energieflussdiagramm darzustellen. Das Diagramm ist im Anhang 3 zu finden.

Rund ein Drittel der Elektrizität wird für die Produktion benötigt. Im Vergleich zu den Kunststoffbetrieben, die ca. drei Viertel der Elektrizität für die Produktion aufwenden, ist dies eher wenig.

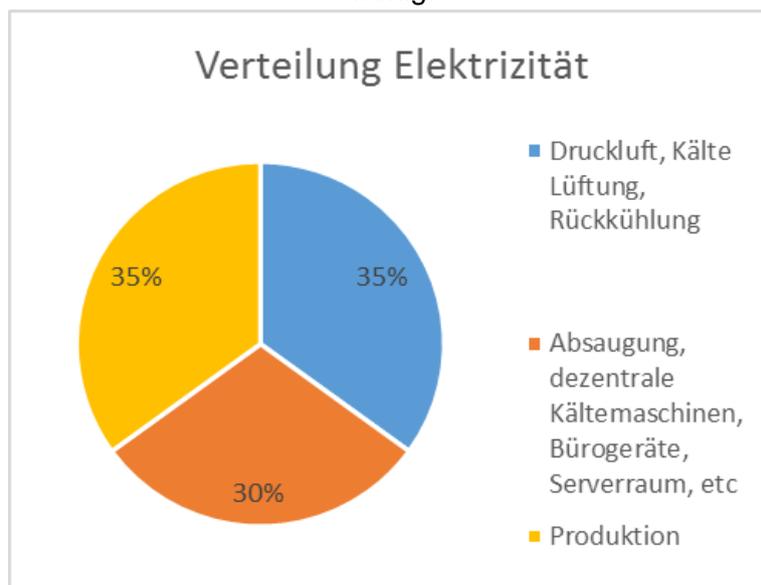


Abbildung 5.1: Verteilung Elektrizität Druckerei A.

Effizienzmassnahmen

Mit den Massnahmen in der unteren Tabelle werden ca. 30% des heutigen Strombedarfs untersucht. Von diesen 30% kann mit der Umsetzung der Massnahmen 60% gespart werden. Das Einsparpotential der Kälte wurde nicht untersucht, weil bereits ein Projekt zur Erneuerung der Kälteanlage umgesetzt wird (Dr. Eicher + Pauli AG).

Weiteres Potential ist bei den Produktionsmaschinen vorhanden. Dieses wird von der Firma „SigmaTools“ in einem weiteren BFE Projekt untersucht.

Massnahmetabelle										
NR	Thema	Massnahmentyp	Kurzbeschreibung	Besitzer des Objekts	Kostenanteil Energie	Grobkostenschätzung	Berechnete Energieeinsparung	Kosten-einsparung elektrisch	Pay-back*	Umsetzung
					%	CHF	kWh/a-elektrisch	CHF/a	Jahre	
6	Druckluft	Betrieboptimierung	Druckluftnetz reduzieren,	Eigentümer BP Grünau	70	5'200.-	9'776	763.-	4.8	sofort
2	Schneidmaschinen	Investition / Betriebsoptimierung	Koordination Hydraulikpumpen bei Schneidmaschinen	Druckerei A	100	6'000.-	12'600	1'968.-	3.0	sofort
1	Beleuchtung	Investition	Zweiflammige Leuchten ersetzen	Eigentümer BP Grünau	40	42'000.-	20'300	3'170.-	5.0	mittelfristig
3	Absauganlage	Investition	Druckregelung Absaugung	Druckerei A	50	64'000.-	105'000	16'397.-	2.0	mittelfristig
4	Freecooling	Investition	Serverraum Freecooling	Druckerei A	100	10'000.-	11'237	1'755.-	5.7	mittelfristig
5	Lüftung	Investition	Modernisierung Lüftung	Eigentümer BP Grünau	50	57'000.-	97'000	15'148.-	1.9	mittelfristig
7	Heizungspumpen	Investition	Ersatz Heizungspumpen	Eigentümer BP Grünau	25	8'640.-	2'916	455.-	4.7	mittelfristig
Summe						193'000.-	259'000	40'000.-		

Tabelle 5: Kurzfassung Massnahmenliste. *Statische Berechnungsmethode

Auswirkung der Massnahmen

Weil die Massnahmen 5, 6 und 7 Einfluss auf alle Mieter haben, ist deren Energieeinsparung zu 50% an das Potential von der Druckerei A gerechnet.

	Elektrizität	Stromkosten (inkl. Nebenkosten)*	CO2**
	kWh	CHF	kg CO2-eq/a
Verbrauch 2014 Druckerei A	1'123'501	175'450.-	14'156
Potential berechnet Gebäude Druckerei A	-259'000	-40'000.-	-3'263
Potenzial berechnet Druckerei A	-204'000	-32'000.-	-2'570
Zukünftiger Verbrauch Druckerei A	920'000	143'000	11'592
Reduktion Druckerei A	18%	18%	18%

Tabelle 6: Auswirkung der Effizienzmassnahmen. *Excel Dokument "Stromkosten 2014" Blatt "Kostenzusammenstellung", Summe der Zeilen 24 + 35, **nach Wasserkraft der KBOB 2014, 0.0126 kgCO2-eq /kWh.

Abhängigkeiten: Abwärme-Potentiale

Da der Fokus dieser Analyse im Elektrobereich liegt, kann nicht weiter auf die Nutzung der Abwärme eingegangen werden. Bei der Umsetzung von Projekten in den erwähnten Bereichen muss die Verwendung der Abwärme ausführlich geprüft werden.

Bei folgenden Anlagen wird die Abwärme nicht genutzt bzw. die Wärme nicht rückgewonnen:

- Kälteerzeugung
- Druckluftherzeugung
- Lüftungsanlagen (keine WRG VK 3.5, VK 3.8)

Empfehlung

Die Wirtschaftlichkeit bei den Massnahmen ist gut bis sehr gut (siehe Payback). Die Umsetzung ist zu empfehlen.

Weitere Schritte:

1. Die Investition und Auswirkung der Effizienzmassnahmen mit dem Businesspark Grünau klären.
2. Umsetzung Sofort-Massnahmen
3. Umsetzung mittelfristige Massnahmen
4. Analyse Abwärme-Nutzung gesamter Businesspark Grünau

Beschreibung und Ergebnisse Mikroanalyse

Durchgeführt wurde die Feinanalyse an der KBA Rapida 106. Die Messung wurde mit dem SIGMAtools-Mehrkanalmesssystem durchgeführt und bilanziert alle relevanten Energieflüsse, die notwendig sind, um einen definierten Zielprozess durchzuführen. Hierbei wurde allerdings auf die Messung der zentralen Kühlwasserversorgung verzichtet. Die Energie- und Leistungsmessung zeigt einen Erfüllungsgrad¹ von mind. 90.1% an. Damit konnten alle relevanten Komponenten berücksichtigt werden.

Ziel der vorliegenden Messaufgabe war: Messung der Anlage in allen möglichen Betriebszuständen (1), Analysen und Massnahmenableitung zur Optimierung der bestehenden Anlage (Retrofit) (2), Ableitung möglicher Produktionsoptimierung (Druckparameter) (3) sowie die Ermittlung der tatsächlichen Wärmeabgabe an die Produktionshalle (4). Anhand der vorliegenden Messung und Analyse, konnten neun Beobachtungen gemacht werden, aus denen neun Massnahmen (4 Makro- und 5 Mikrooptimierungen) abgeleitet wurden. Diese werden in den Erkenntnissen näher beschrieben.

Für die bestehende Anlage zeigt sich, dass die wesentlich energetisch relevanten Komponenten der Hauptantrieb (ca. 27 kW / 35 – 40% der Gesamtleistung), der Luftschrank (22kW, ca. 30% der Gesamtleistung) und der IR Trockner (20 kW, ca. 30 % der Gesamtleistung), beim Druck sind. Bei Inaktivität beträgt die Leistung rund 12.5 kW. Im Prozess werden im Durchschnitt rund 70 kW Wärme durch die Anlage erzeugt.

Die Analysen haben gezeigt, dass wirtschaftlich relevante Massnahmen in Höhe von 10% bis 15% Einsparung möglich sind. Diese Massnahmen sind:

- HLK-Anpassung auf den tatsächlichen Kühlbedarf (ca. 20%)
- Abschaltung der Anlage bei Inaktivität (ca. 10 – 15%)
- Druckluftoptimierung und Retrofitoptionen (ca. 10%)

¹ Verhältnis zwischen Hauptzuleitung und Summe aller gemessenen Verbraucher im Standby-Zustand. Damit wird geprüft wie hoch der Anteil der Komponenten ist die direkt einem Verbraucher zugeordnet werden können. Siehe Abbildung 6.2 und 6.3.

- Die Analyse der Parameteroptimierung der Druckgeschwindigkeit hat gezeigt, dass die Erhöhung der Druckgeschwindigkeit nicht lohnend ist, sofern die Anlage nicht sofort nach dem Druck abgeschaltet wird.

Insgesamt und auf Basis der Retrofitindikation, wird die Anlage energetisch positiv betrachtet. Bei Annahme einer 2-schichtigen Produktionsauslastung ist ein Investment von rund CHF 8'100.– nach zwei Jahren amortisiert, sofern hierdurch eine Optimierung von mind. 10% erreicht wird. Dies ist anhand der gezeigten Massnahmen möglich.

5.2 Druckerei B

Zusammenfassung Makroanalyse

Im Rahmen von Pilotbetrachtungen in der Druckindustrie wurde die Druckerei B auf ihr Sparpotential im Elektrobereich untersucht.

Folgende Grafik zeigt die Aufteilung des Elektrizitätsbedarfs 2015 von 5'371 MWh (ca. 390'000 CHF²) auf die betrachteten Anlagen und Geräte. Die Druckmaschinen benötigen ca. 55% des Strombedarfs. Dieser Bereich wird in einer Feinanalyse von der Firma SIGMAtools GmbH untersucht. Der Rest des Strombedarfs setzt sich zu etwa gleichen Teilen zu je 10% aus der Lüftung, Druckluftaufbereitung, Absauganlage, Beleuchtung und weiteren Geräten sowie den Kälteanlagen zusammen.

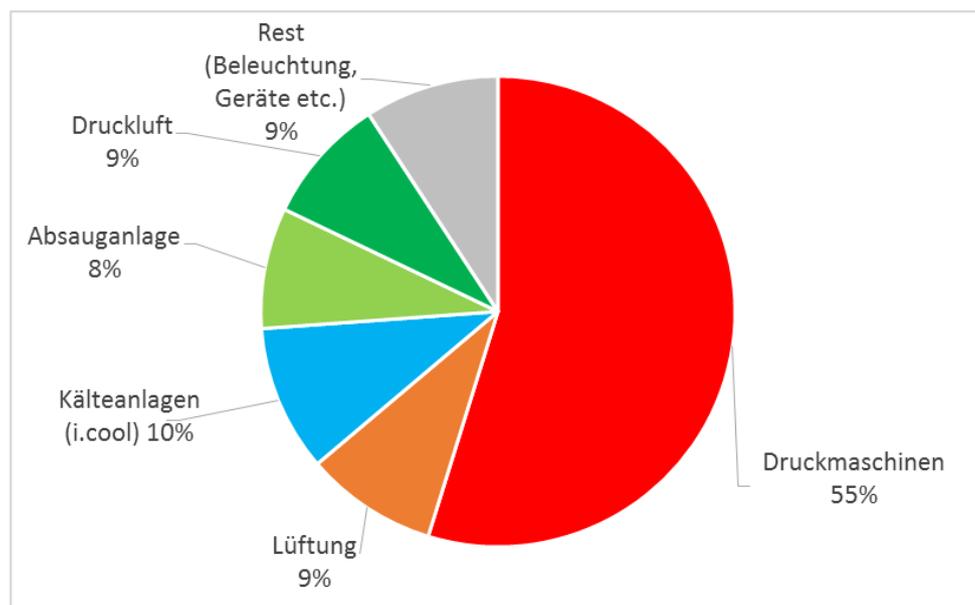


Abbildung 5.2: Aufteilung Stromverbrauch Druckerei B.

Sofortmassnahmen konnten in den folgenden Technologiebereichen definiert werden:

- Lüftung
- Betriebsoptimierung Klimakälte
- Ersatz Beleuchtung
- Druckluftmaschinen

² Nur Energiekosten 0.073 CHF/kWh, 2015

Mit wirtschaftlichen Sofortmassnahmen können ca. 5.5% des heutigen Strombedarfs reduziert werden.

Bei der Druckerei B wurden schon diverse Effizienzmassnahmen durchgeführt. Massnahmen mit geringer Investition und grosser Effizienzwirkung sind deshalb rar. Effizienzsprünge sind mit hohen Investitionen verbunden, z. B. mit der Investition in neue Kälteanlagen oder Druckmaschinen. Daher werden für diese Themenbereiche weiterführende Feinanalysen empfohlen. Das elektrische Einsparpotential bei diesen noch unerschlossenen Bereichen liegt bei ca. 20% des gesamten Stromverbrauchs.

Beschreibung und Ergebnisse Mikroanalyse

Durchgeführt wurde die Feinanalyse an der MAN Roland Octoman. Die Messung wurde mit dem SIGMAtools-Mehrkanalmesssystem, gemäss ISO 14955 und unter der Berücksichtigung des Einheitsblatts VDMA 8873 – 1 durchgeführt. Die Messung beinhaltet nicht die zentrale Kühlwasserversorgung und nicht den Trocknungssofen (gasbetrieben). Die Energie- und Leistungsmessung zeigt im vorliegenden Fall einen Erfüllungsgrad von 88.0% an.

Ziel der vorliegenden Messaufgabe war: Messung der Anlage in allen möglichen Betriebszuständen (1), Analysen und Massnahmenableitung zur Optimierung der bestehenden Anlage (vor Retrofit) (2), Ableitung möglicher Produktionsoptimierung (Druckparameter) (3), Ermittlung der tatsächlichen Wärmeabgabe an die Produktionshalle (4) sowie Nachmessung der Retrofitoptionen (5). Anhand der vorliegenden Messung und Analyse, konnten 7 Beobachtungen gemacht werden, aus denen 8 Massnahmen (3 Makro- und 5 Mikrooptimierungen) abgeleitet wurden.

Für die bestehende Anlage zeigt sich, dass auch im Aus-Zustand der Anlage eine erhebliche Aktivität von rund 8 kW vorhanden ist (Trockner und Druckluft). Im Standby liegt die Anlage bei rund 18 - 20 kW. Dominiert wird dieser Zustand vor allem durch die Druckluft und den Trockner. Im Prozess zeigt sich, dass der Trockner dominierend ist (25 – 40 kW / ca. 40 – 50% der Gesamtleistung). Im Einrichtbetrieb zeigt sich eine durchschnittliche Leistung von rund 62 kW. Im Prozess (gemäss Referenzprozess) sind rund 83 kW gegeben. Nicht eingerechnet ist der Gasverbrauch, die Druckluft am Falzwerk sowie die externe Kühlung (rund 62 kW / 128 kW Kühlleistung bei 5.3 m³/h und $\Delta T=10k$). Der Antrieb steigt, wie erwartet, mit der Druckgeschwindigkeit und wird ab einer Geschwindigkeit von 26000 U/min zur dominierenden Komponente werden. Die jeweiligen Druckwerke haben nur einen geringen Leistungswert.

Die Analysen haben gezeigt, dass wirtschaftlich relevante Massnahmen in Höhe von 20 - 25% Einsparung möglich sind. Im vorliegenden Fall wird beispielhaft die gesamte Massnahmenableitung anhand der Messdaten angezeigt.

Makrooptimierung

MA1: Die Kühlwassermenge der zentralen Kühlung ist zu überprüfen. Die Kühlleistung sollte nicht höher als XX kW³ betragen. Es besteht eine Kühlleistung von rund XXX kW⁴. Zu prüfen ist auch hierzu die HLK. Optimierungspotential der Massnahme liegt bei rund 50%.

MA2: Gleichzeitiges Anschalten der Anlage, ist zu vermeiden.

³ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

⁴ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

MA3: Es sollte stets eine Druckgeschwindigkeit von mind. XX000 U/min⁵ gefahren werden.

Mikrooptimierung

MI1: Es ist zu prüfen, ob eine Erhöhung der Druckgeschwindigkeit möglich ist. Je höher die Druckgeschwindigkeit, desto effizienter die Anlage. Potential der Massnahme ca. 35%.

MI2: Es besteht eine hohe Druckluftleckage an der Anlage. Dies kann durch ein zentrales Druckluftventil vermieden werden. Potential der Massnahme: 58% (im Off-Zustand). Das Gesamtpotential der Massnahme liegt bei ca. 5–10%.

MI3: Anpassung der Kühlleistung an den tatsächlichen Prozess, z. B. in Abhängigkeit der Leistung am Druckwerk oder Teil-Abschaltung des Kompressors im Betriebszustand „Ready“ (ggf. FU). Potential der Massnahme beträgt rund 10% an der Gesamtanlage (vgl. auch MA1).

MI4: Prüfung von Optimierungsoptionen / Retrofit des Herstellers an Hauptantrieb und Trocknung ist zu prüfen. Bei der Trocknung muss eine LED- oder LE-UV-Umrüstung geprüft werden. Potential der Massnahme rund 80% an der Trocknung, ca. 20–30% an der Gesamtanlage (Bilanzierung des Gasverbrauchs ist nötig).

MI5: Eine Verkürzung der Zeit für Probedruck und Farbeinstellung ist anzustreben. Potential unbekannt und prozessabhängig.

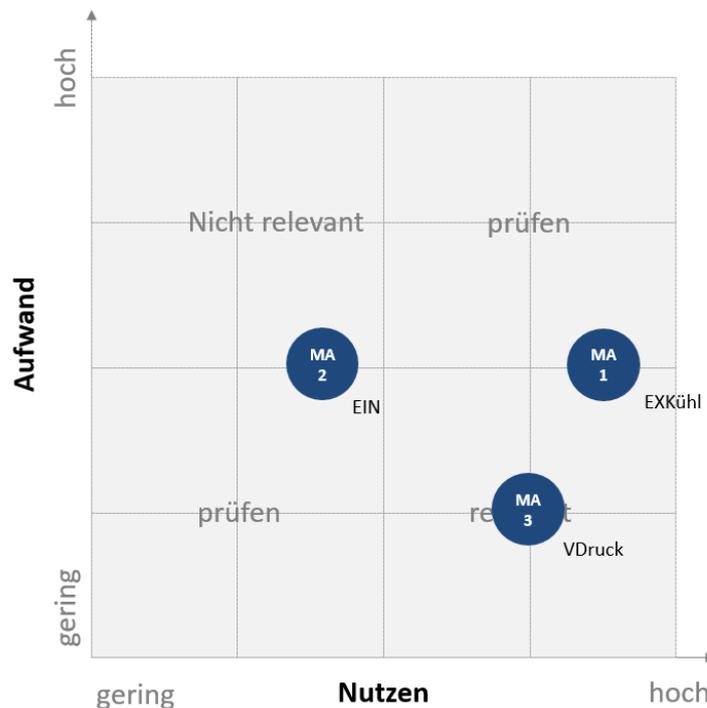


Abbildung 5.3: Qualitative Bewertung möglicher Massnahmen (Makro).

⁵ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

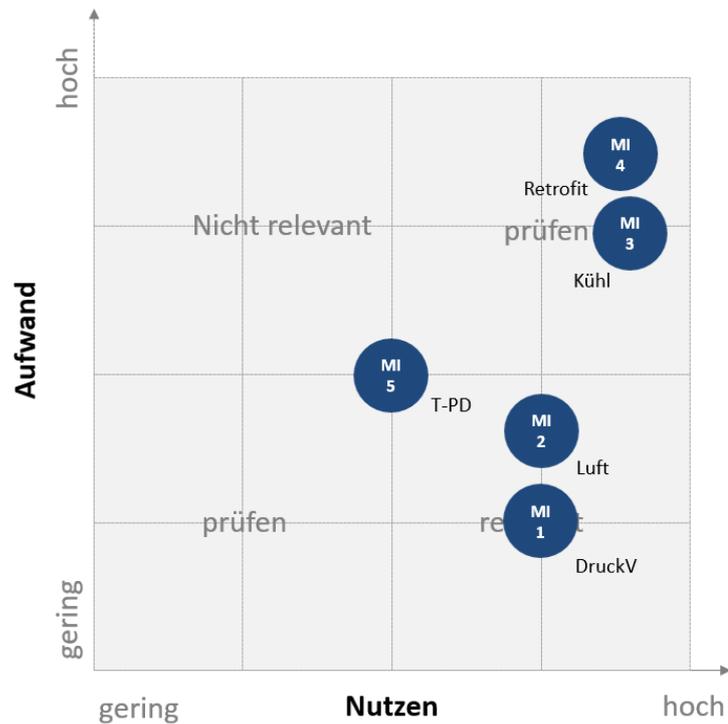


Abbildung 5.4: Qualitative Bewertung möglicher Massnahmen (Mikro).

Insgesamt, und auf Basis der Retrofitindikation, wird die Anlage energetisch mittelmässig bewertet. Optimierungen sind technisch möglich, allerdings aufwendig. Bei Annahme einer 2-schichtigen Produktionsauslastung, ist ein Investment von rund CHF 3'000.– nach 2 Jahren amortisiert, sofern hierdurch eine Optimierung von mind. 10% erreicht wird.

5.3 Druckerei C

Zusammenfassung Makroanalyse

Im Rahmen von Pilotbetrachtungen in der Druckindustrie wurde die Druckerei C in der Region ZH auf ihr Sparpotential im Elektrobereich untersucht.

Rund 40% des Strombedarfs wird für die Druckmaschinen verwendet. Der Strombedarf der Druckmaschinen ist zugleich eine hohe Wärmelast für die Produktionshalle. Diese Last wird heute mit einer zentralen Kälteanlage abgeführt. Dadurch hat die Kälteanlage einen Anteil von ca. 12% am Gesamtstrombedarf der Firma. Weitere Stromverbraucher mit grossem Anteil am Gesamtverbrauch sind die für Druckbetriebe typische Absauganlage (12%), die Lüftung/Klimageräte (6%), die Druckluft (4%) sowie der Einbrennofen (4%).

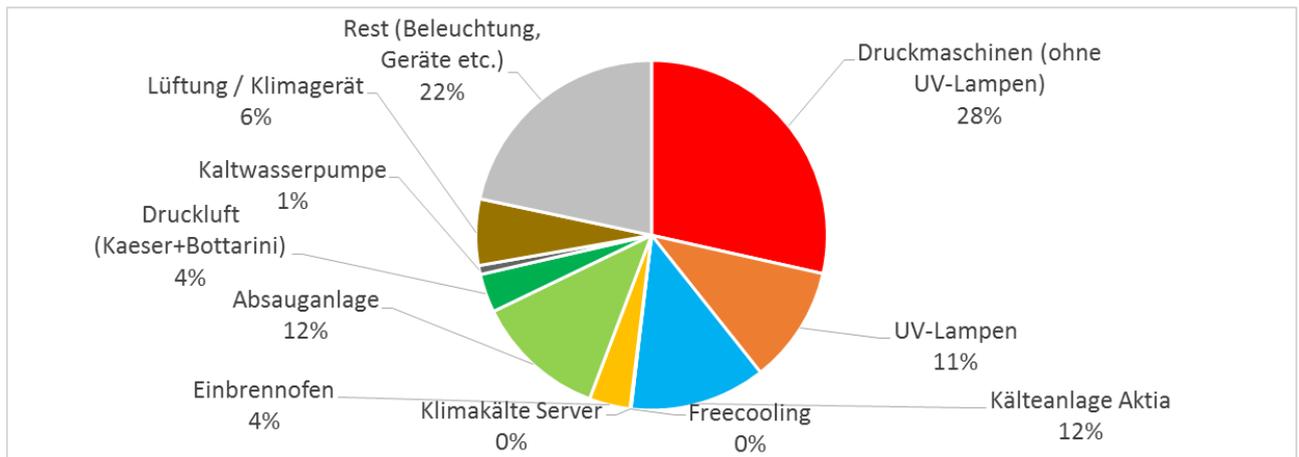


Abbildung 5.5: Aufteilung Stromverbrauch Druckerei C.

Anforderungen an das Klima der Produktion bestehen bei der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Luftqualität. Da die Anforderungen momentan nur bedingt erfüllt werden und die Anlagen an ihr technisches Lebensende kommen, werden keine Sofortmassnahmen vorgeschlagen. Stattdessen wird die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts mit einer Feinanalyse empfohlen.

Folgende Massnahmen konnten in den folgenden Technologiebereichen definiert werden:

- Pumpenersatz
- Prozessoptimierung (UV-Trockner)
- Reduktion interner Wärmelasten (Einbrennofen)
- Hallenkonditionierung (Empfehlung weiterführende Studie)

Mit wirtschaftlichen Massnahmen können ca. 3% des heutigen Strombedarfs reduziert werden. Hinzu kommt ein noch unerschlossenes Potential bis ca. 7% für die Hallenklimakonditionierung.

Beschreibung und Ergebnisse Mikroanalyse

Durchgeführt wurde die Feinanalyse an der Müller Martini Concepta. Die Messung wurde mit dem SIGMAtools-Mehrkanalmesssystem, gemäss ISO 14955 und unter der Berücksichtigung des Einheitsblatts VDMA 8873 – 1 durchgeführt. Die Messung beinhaltet nicht die zentrale Kühlwasserversorgung. Die Energie- und Leistungsmessung zeigt einen Erfüllungsgrad von mind. 83.3% an. Ziel der vorliegenden Messaufgabe war: Messung der Anlage in allen möglichen Betriebszuständen (1), Analysen und Massnahmenableitung zur Optimierung der bestehenden Anlage (Retrofit an UV-Lampen) (2), Ableitung möglicher Produktionsoptimierung (Druckparameter) (3), Ermittlung der tatsächlichen Wärmeabgabe an die Produktionshalle (4) sowie die fokussierte Analyse der UV-Trocknung (UV-Lampen) (5). Anhand der vorliegenden Messung und Analyse, konnten 10 Beobachtungen gemacht werden aus denen 8 Massnahmen (3 Makro- und 5 Mikrooptimierungen) abgeleitet wurden.

Für die bestehende Anlage zeigt sich, dass die wesentlich energetisch relevanten Komponenten der Hauptantrieb (bis zu XX kW⁶ / 27 % der Gesamtleistung), der Querschneider (XX kW, ca. 16% der Gesamtleistung) und die UV-Lampen (XX kW⁷, ca. 50 % der Gesamt-

⁶ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

⁷ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

leistung) beim Druck sind. Bei Inaktivität beträgt die Leistung rund 20–25 kW. Im Prozess werden im Durchschnitt rund XX kW⁸ Wärme durch die Anlage erzeugt. Die Analysen haben gezeigt, dass wirtschaftlich relevante Massnahmen in Höhe von 15–20% Einsparung möglich sind. Diese Massnahmen sind: Druckgeschwindigkeitsanpassung und UV-Lampen-Abschaltung, Abschaltung der Anlage bei Inaktivität (z. B. Querschneider) und Anpassung der Kühlung (siehe Kapitel 5). Analysen des Zusammenhangs zwischen Leistungsbedarf und Druckgeschwindigkeit haben gezeigt, dass die Erhöhung der Druckgeschwindigkeit lohnend sein kann, sofern auch eine Abschaltung von UV-Lampen möglich ist.

Insgesamt und auf Basis der Retrofitindikation, wird die Anlage energetisch positiv betrachtet. Bei Annahme einer 2-schichtigen Produktionsauslastung, ist ein Investment von rund CHF 6'500.– nach 2 Jahren amortisiert, sofern hierdurch eine Optimierung von mind. 10% erreicht wird.

⁸ Daten wurden anonymisiert, sind im Originalbericht enthalten

6 Ergebnisse und Erkenntnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den vorliegenden Messungen zusammengefasst und unterteilt nach

- allgemeinen Erkenntnissen, d. h. Erkenntnisse, die als maschinen- und prozessunabhängig gelten
- spezifischen Erkenntnissen, d. h. produkt- oder prozess- und anwenderabhängigen Erkenntnissen und Lösungen

6.1 Allgemeine Erkenntnisse

Trocknung

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Trocknung (z. B. UV-Trocknung) grundsätzlich energetisch dominierend ist. Diese Funktion hat oft einen konstanten Leistungsanteil, der auch in unproduktiven Maschinenzuständen gegeben ist. Es ist hier stets zu prüfen, ob eine Umrüstung von UV-Härtung auf LE-UV- oder LED-Härtung möglich und wirtschaftlich ist.

Kühlung

Von primärer Bedeutung ist der Umstand, dass Wärmelasten (sogenannte interne Lasten) erst gar nicht raumklimarelevant werden und durch die Kälteanlage weggekühlt werden müssen. Man erreicht dies durch sogenannte Hotspot-Absaugungen, d. h. unmittelbar bei der Wärmequelle wird die anfallende Abwärme (mit Vorteil über eine Abwärme-Nutzung) abgeführt. Die Ersatzluft soll über ein kontrolliertes Zuluftsystem nachströmen. Abgestimmte Luftmengen sollen dabei zu einem ausgeglichenen Luftdruckverhältnis führen.

Es ist wichtig zu wissen, wieviel Leistung in welchen Betriebszuständen an der Anlagen vorzufinden sind. So kann beispielsweise die Anlage im Standby bei rund 10 kW liegen, während der Druckvorbereitung und im Druckprozess mehr als 130 kW möglich sind. Dies muss für die optimierte Kälteversorgung bekannt sein. Damit ist die Kühlwassermenge der zentralen Kühlung zu überprüfen. Die Kühlleistung sollte nicht höher als die maximale Spitzenlast sein und bestenfalls geregelt ausgeführt werden. Optimierungspotential der Massnahme liegt bei über 10%, da Kühlsysteme in der Regel auf die maximalen Leistungen ausgelegt sind. Von entscheidender Bedeutung für die Effizienz der Kälteanlage(n) ist die Systemtemperatur des Kältenetzes. So bedingen die Kälteanwendungen meist lediglich Vorlauftemperaturen von 12°C oder höher. Eine meist angetroffene Vorlauftemperatur von 6°C führt zu einem schlechteren Leistungskoeffizienten resp. unnötig hohen Elektrizitätsbedarf. Interessant ist vor allem auch die Klärung, ob die Wärmelasten nicht mit Freecooling (d. h. mit Aussenluft) abgeführt werden können.

Wärmeabgabe

Die Wärmeabgabe der Anlage ist bereits im Kapitel „Kühlung“ angezeigt worden. Allerdings zeigt sich, dass die Wärmeabgabe (interne Last) an einer Anlage örtlich stark variieren kann. Beispielsweise ist am Trockner, den Antrieben und im Bereich des Lüftungsschranks eine erhöhte Wärmeabgabe möglich. Dies sollte bei der Auslegung der HLK und Kühlung berücksichtigt werden.

Wichtig ist hier eine zonenkonforme Regulierung der Raumtemperatur. Dies führt neben einer Effizienzverbesserung auch zu einem besseren Raumkomfort.

Druckluft

Wie auch im konventionellen Maschinenbau und Fertigungstechnik zu sehen, ist der Druckluftverbrauch und vor allem die Leckage sehr weit verbreitet und oft nicht berücksichtigt. Die Messungen und Vergleichsanalysen zur elektrischen Leistung zeigen, dass Leckagen einen erheblichen Anteil ausmachen können. Dabei wurden Leckagen nicht nur innerhalb der Anlagen, sondern auch in der Zuleitung aufgedeckt.

Anhand der Resultate wurde festgestellt, dass vorwiegend zentrale Absperrventile einen grossen Vorteil bringen. Weitergehend zeigen sich deutliche Unterschiede in der Effizienz zwischen Bogenoffset und Rollenoffsetanlagen. So werden bei Bogenoffsetanlagen durch das Blattabheben höhere Verbräuche an der Druckluft und damit auch Leckagen identifiziert.

Einschalt- und Betriebsverhalten

Druckanlagen sind in der Regel grosse Verbraucher. Vor allem in Einschaltzeiten zeigen sich sehr hoch Spitzenlasten an den Antrieben und Motoren. In der Regel sind Druckanlagen binnen weniger Minuten bereit zum Einrichten. Es ist demnach zu prüfen, ob Anlagen in nicht-produktiven Zuständen abgeschaltet werden können. Beim Einschalten hat die Höhe und Dauer der Spitzenlasten einen Einfluss auf die Energiekosten und die Einspeisung sowie Absicherung. Es ist demnach darauf zu achten, wann welche Anlagen eingeschaltet und betrieben werden. Weitergehend zeigt sich, dass Anlagen aus betrieblichen oder technischen Gründen in unproduktiven Maschinenzuständen nicht abgestellt werden. Es ist demnach nötig zu überprüfen, ob eine Abschaltung technisch möglich ist oder einzelne Systeme oder Maschinenkomponenten (z. B. Trockner) abgestellt werden können.

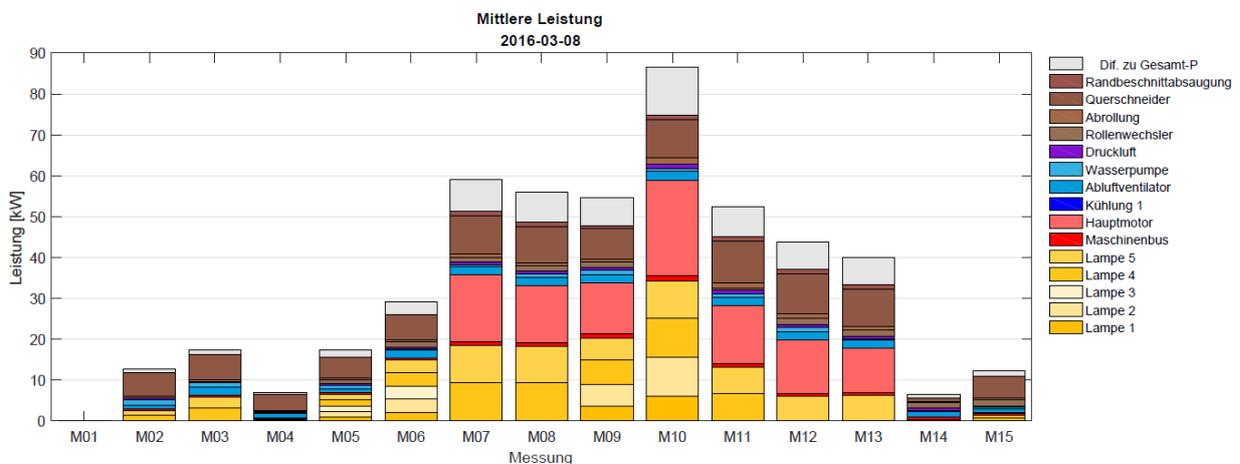


Abbildung 6.1: Übersicht einer Offsetdruckanlage in allen möglichen Betriebszuständen.

Druckgeschwindigkeiten

Eine Erhöhung der Druckgeschwindigkeit kann in 2 von 3 Fällen eine Effizienzsteigerung bewirken. Dies gilt vorwiegend beim Rollenoffsetdruck. Beim Bogenoffset kann eine Erhöhung der Geschwindigkeit zu einer Verschlechterung der Gesamteffizienz führen.

Massnahmen Haustechnik

Mit den zur Verfügung stehenden Daten konnten die Massnahmen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und der effektiven Umsetzung analysiert werden. Die wirtschaftlichen Massnahmen werden grundsätzlich auch umgesetzt. Werden diese zurückgestellt, sind veränderte Rahmenbedingungen in der Regel der Hinderungsgrund.

Mögliche Massnahmen sind:

<p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anheben Kaltwassertemperatur • Ersatz Kältemaschine • Ersatz MSRL • Nutzung freie Kühlung • Optimieren Luftführung Klimakälte 	<p>Lüftung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ersetzen Ventilator • Betriebsoptimierung • Reduzieren Luftbefeuchtung • Reduzieren Betriebszeiten • Ersatz MSRL 	<p>Druckluft:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ersatz Kompressor • Vermeiden Leckagen • Rückbau Druckluftnetz • Einsetzen übergeordnete Druckluftherzeugung
---	--	---

<p>Kälte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dämmen von Kältearmaturen im Klimakältebereich 	<p>Maschinen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ersatz Elektromotoren ≥ 20 kW • Ersatz Liftanlagen • Ersatz Druckmaschinen mit geringer Auslastung
--	--

6.2 Spezifische Erkenntnisse (individuell)

Die folgenden spezifischen Erkenntnisse konnten ermittelt werden und werden hier anhand der Messungen dargelegt.

Druckgeschwindigkeit

Nicht immer ist es zweckmässig, die Druckgeschwindigkeit zu erhöhen um die Prozesseffizienz zu steigern. Die Messungen haben gezeigt, dass eine Erhöhung der Druckgeschwindigkeit u. a. abhängig ist von der Grundlast, also abhängig ist von den Komponenten, die prozessunabhängig konstant betrieben werden, aber auch von Reibungskräften und anderen Faktoren abhängig sein kann. In 1 von 3 Fällen hat sich gezeigt, dass die Erhöhung der Druckgeschwindigkeit die Gesamteffizienz minimieren kann. Dies ist im Bogenoffset der Fall. Demnach gilt nicht, dass die Erhöhung der Druckgeschwindigkeit in jeden Fall auch eine Erhöhung der Effizienz bewirkt.

Standby

Anlagen, die in einer Leerschicht, in der Wartung oder im Einrichtbetrieb stehen, können oft einen erheblichen und prozessunabhängigen Energieanteil aufzeigen. So sind beispielsweise Trocknungsvorgänge aktiv oder ein hoher Druckluftanteil vorhanden. Dieser Zustand kann selbst in hochproduktiven Zeiten bis zu 40% der gesamten Betriebszeit im Jahr ausmachen. Zu prüfen ist demnach, welche Komponenten in einem Standbybetrieb abgestellt oder geregelt werden können.

Das Beispiel in Abbildung 6.2 zeigt eine Rollenoffsetdruckanlage im Betriebszustand Standby. Dabei werden rund 18 kW Leistung benötigt. Im vorliegenden Fall ist der Querschneider der Anlage aktiv, obwohl dieser in diesem Zustand nicht gebraucht wird. Weiter zeigt sich, dass die UV-Lampen und die Kühlung ebenfalls aktiv sind, ohne benötigt zu werden. Es wird demnach angenommen, dass diese Komponenten zumindest in einem geregelten Zustand aktiv sein können.

Oft werden Anlagen in diesem Zustand nicht abgeschaltet, da es bei Wiedereinschalten zu Ausfällen kommen kann. Es wird dennoch darauf hingewiesen zu prüfen, ob einzelne Komponenten abgestellt bzw. geregelt werden können.

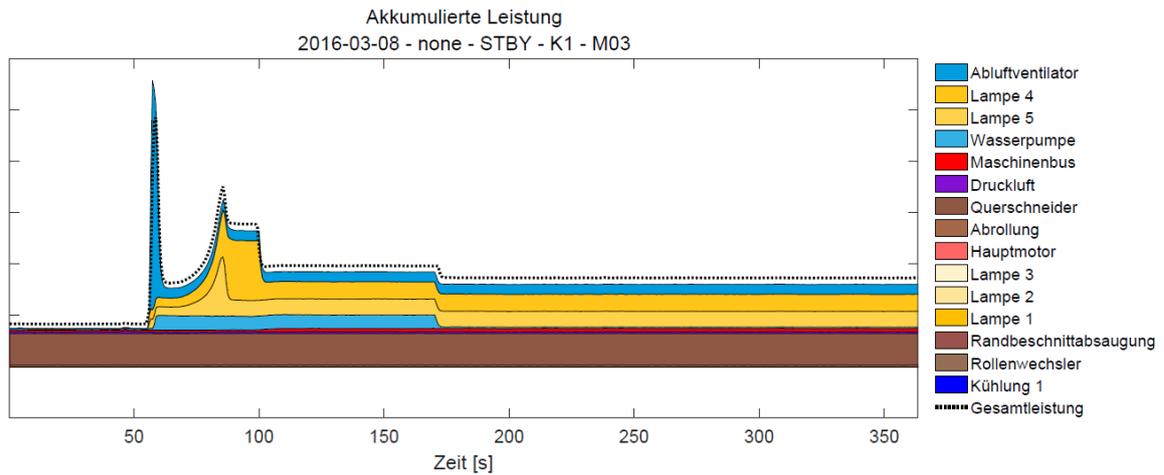


Abbildung 6.2: Rollenoffsetanlage im Betriebszustand Standby mit 2 Aktiven UV-Lampen.

Betriebszustand “Off” (Aus-Zustand)

Auch wenn eine Anlage abgeschaltet ist, kann es vorkommen, dass einzelne Komponenten weiterhin aktiv sind. So können beispielsweise Leckagen, Druckluftvorgänge oder Kühlungen und Abluft weiterhin aktiv sein. Diese Aktivitäten können energetisch sehr relevant sein. Dominierend zeigt sich in diesem Zustand die Druckluft, teilweise in einer Blattabhebefunktion, teilweise Leckage und ein aktiver Trockner. Beim Trockner wird sicherheitsbedingt ein grosser Abluftventilator betrieben. Beide Funktionen haben keine Zeitsteuerung und sind in einer Leerschicht oder Ferienbetrieb konstant und prozessunabhängig aktiv.

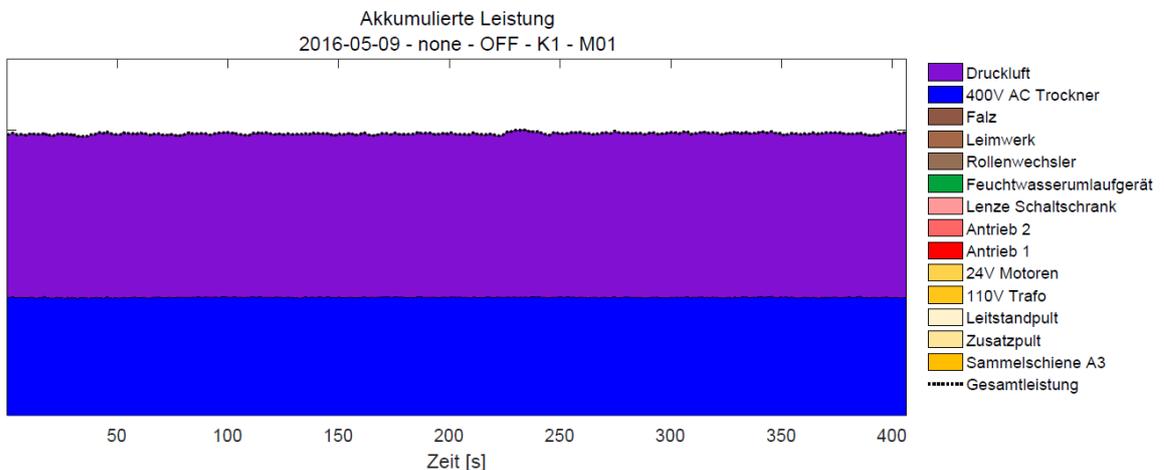


Abbildung 6.4: Rollenoffsetanlage im Aus-Zustand.

Trocknung / UV-Lampen

Die Trocknung resp. Farb- bzw. Lackhärtung ist energetisch gesehen stets relevant. Dabei zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Druckgeschwindigkeit sowie Anzahl und Intensität der UV-Lampen. Die Messungen haben gezeigt, dass in Abhängigkeit der individuellen Druckaufträge eine Optimierung durchgeführt werden kann, um eine Trocknung mit einem minimalen Ressourceneinsatz zu garantieren.

Druckluftverbrauch

Besonders bei Bogenoffsetdruckanlagen ist der Verbrauch an Druckluft sehr hoch. Hierbei wird in der Regel neben der externen Druckluftversorgung auch eine interne Luftversorgung durch Luftschränke erzeugt. Es ist demnach zu prüfen ob es diesen Luftverbrauch in allen Maschinenzuständen tatsächlich braucht.

Die Abbildung 6.7 zeigt einen Anteil der Luftschränke von rund 25% im Standby an einer Bogenoffsetanlage. In diesem Zustand ist die Anlage inaktiv und es erfolgt kein Druck.

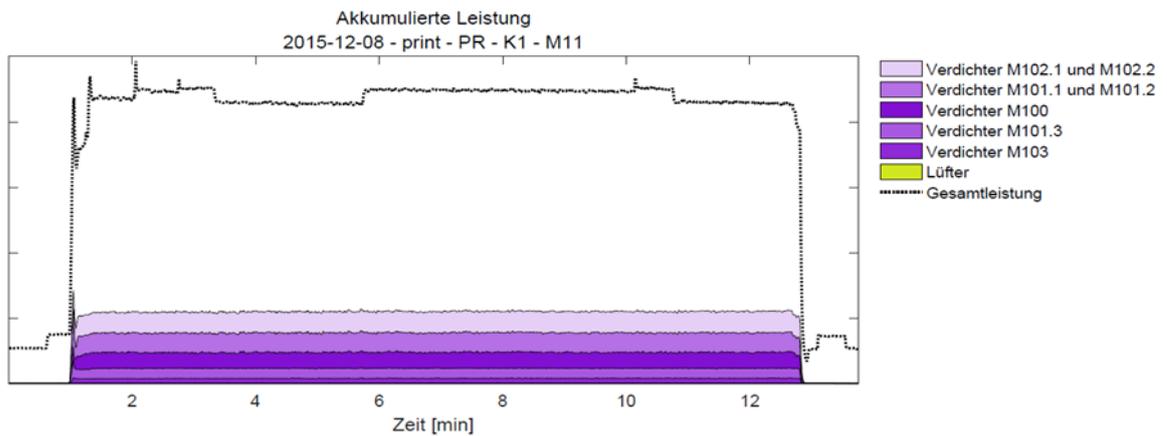


Abbildung 6.7: Interne Luftschränkleistung an einer Bogenoffsetdruckanlage im Standby.

7 Beispiele und Best-Practice

Die Druckluft bei nicht produzierenden Maschinen (Standby oder Aus-Zustand) ist bei den in der Analyse angeschauten Maschinentypen sehr unterschiedlich geregelt. Abbildung 7.1 zeigt eine Rollenoffsetanlage mit zentralem Druckluftsperrventil im Aus-Zustand. Die gesamte Anlage ist damit aus und benötigt 0 kW.

Es ist demnach technisch zu prüfen, ob die Druckluft zentral, zumindest nach einer bestimmten Nachlaufzeit abgestellt werden kann.

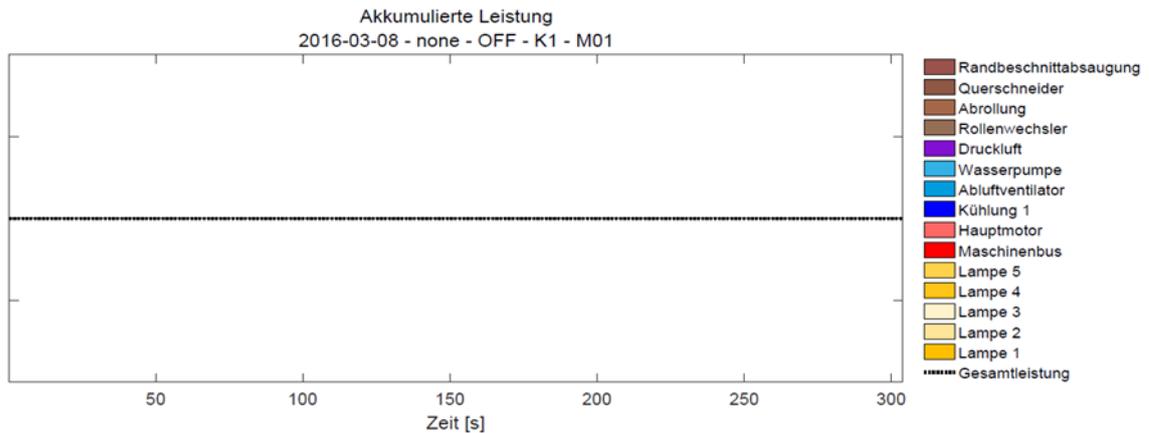


Abbildung 7.1: Aus-Zustand einer Rollenoffsetanlage mit zentralem Druckluftsperrventil.

1. Beobachtung

Die Messung im Aus-Zustand zeigt, dass anlagenseitig keine Aktivitäten vorhanden sind. Es wird durch ein zentrales Ventil an der Druckluft sichergestellt, dass keine Leckage (anlagenseitig) vorhanden ist. Das Ventil befindet sich an der Gesamtdrucklufteinspeisung, direkt an der Maschine. Dies entspricht einem optimalen Benchmark.

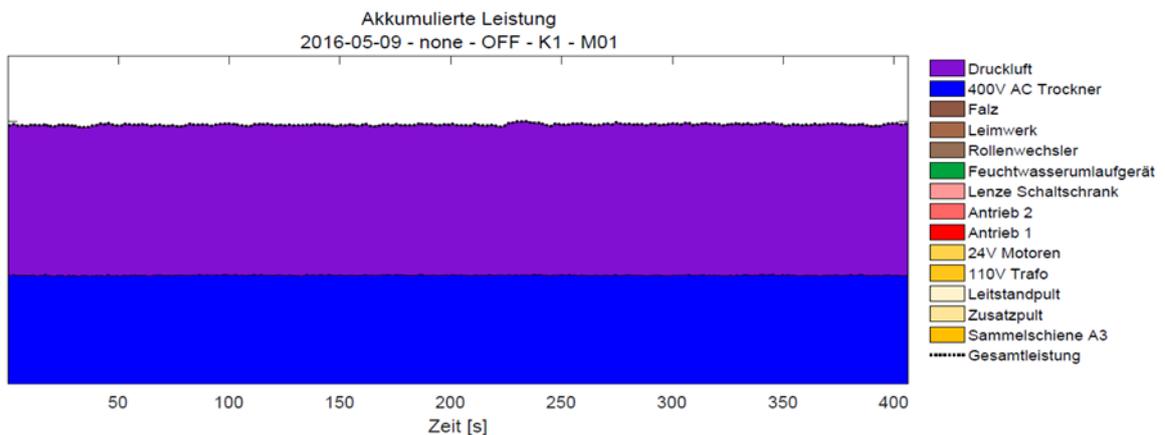


Abbildung 7.2: Rollenoffset-Anlage im Aus-Zustand ohne Druckluftsperrventil.

2. Beobachtung

Die Messung im Aus-Zustand zeigt, dass Anlagenseitig eine hohe Aktivität (rund 8 kW) vorhanden ist. Es zeigt sich, dass die Druckluft (4.6 kW) als auch der Trockner (3.3 kW) konstant laufen, obwohl die Anlage abgestellt ist. Dies ist ein sehr hoher Wert. Dabei wurde die Druckluft lediglich am Abroller und an den Druckwerken gemessen. Das könnte mit einem Absperrventil, wie beim ersten Beispiel (1. Beobachtung), einfach behoben werden.

Prozessgeschwindigkeit bei voller Produktion

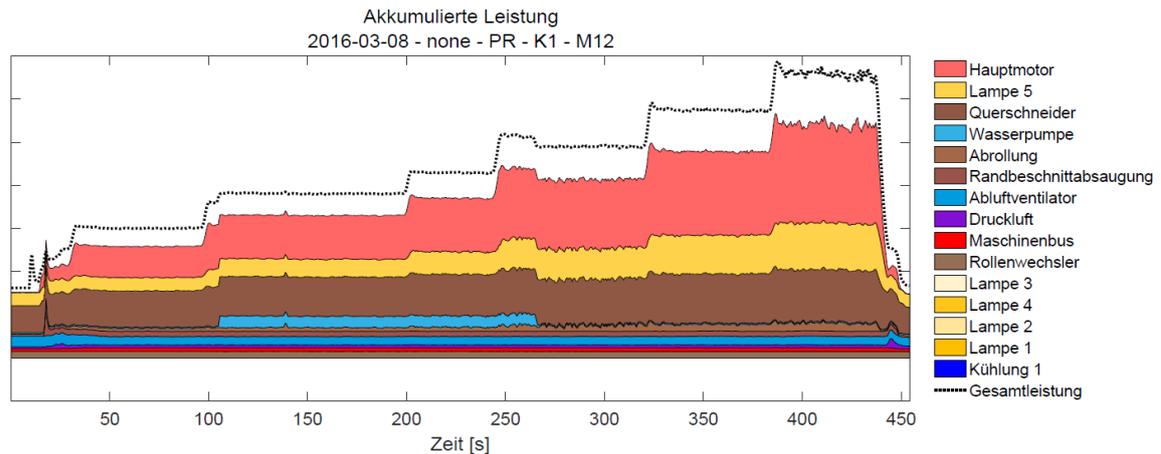


Abbildung 7.3: Rollenoffsetanlage mit Geschwindigkeitserhöhung.

3. Beobachtung

Die Messung zeigt, dass mit der Druckgeschwindigkeitserhöhung der Antrieb als auch die UV-Lampen-Intensität ansteigen. Die anderen Komponenten haben nur eine geringe Abhängigkeit zu der Druckgeschwindigkeit (d. h. Querschneider ist unabhängig von Druckgeschwindigkeit). Es zeigt sich auch, dass zunehmende Reibungskräfte gegeben sind. Bei 200 m/min zeigt sich, dass die Abrollung und Randbeschnitt sehr fluktuieren. Es kann hierbei sein, dass eine Eigenfrequenz getroffen ist, die über die Regelung ausgeregelt wird.

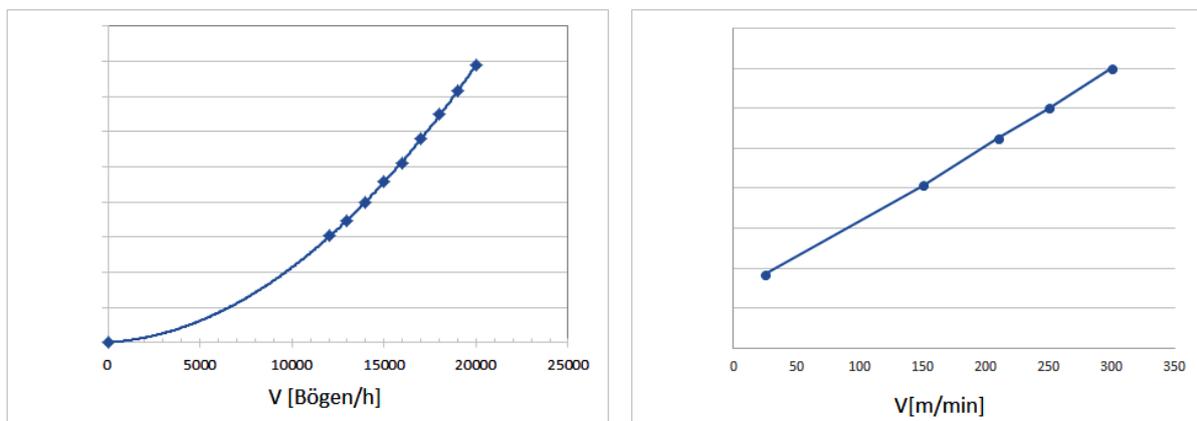


Abbildung 7.4: Bei diesen beiden Grafiken sehr schön zu sehen wie die Geschwindigkeit Linear zunimmt.

8 Vorgehen und Prozess

Generelles Vorgehen

Grundsätzlich stehen bei jeder Druckerei die Produktivität und die Prozessfähigkeit sowie die Druckqualität an erster Stelle.

Dennoch ist in Abhängigkeit der Auslastung und des individuellen Druckauftrags zu prüfen, welche Parameter, Art und Anzahl der aktiven Komponenten sowie deren Regelung möglich und sinnvoll ist. Es können so bis zu 30% Energie eingespart werden, ohne eine Reduzierung der Auflagenmenge oder Qualität in Kauf nehmen zu müssen.

Aus Erfahrung zeigt sich, dass die sekundären Haustechniksysteme durch die individuellen Rahmenbedingungen auch sehr individuell gelöst und z. T. über die Jahre angepasst und verändert wurden. Obschon auch hier einzelne Standardmassnahmen zur Anwendung kommen, sollten die Haustechniksysteme mit den aktuellen Betriebsparametern einer Gesamtanalyse unterzogen werden. Best-Practice Lösungen können dazu eine gute Wegleitung bieten. Individuelle Optimierungen können nur über entsprechende Messungen oder genaue Messdaten definiert und bewertet werden.

Im Rahmen der Prozess- und Energieoptimierung können folgende Effizienzpotentiale durch die Bearbeitung dieser Fragestellungen erschlossen werden:

Mikro-(Prozess-) Analysen

- Welche Betriebszustände kann meine Anlage einnehmen bzw. sind üblich?
- Wie hoch sind die jeweiligen Zeitanteile der Betriebszustände, welche dominieren?
- Welche Parameterisierungsmöglichkeiten habe ich als Betreiber (z. B. Druckgeschwindigkeit, Trocknung)?
- Wie wirkt sich die Parameterisierung auf den Druck und die Effizienz aus?
- Welche Komponenten können abgestellt oder geregelt werden?
- Kann ich die Anlage in nicht produzierenden Zeiten abstellen?
- Wie lange braucht die Anlage, um betriebsbereit zu sein?
- Welche Trocknungsintensität ist tatsächlich nötig?
- Kann ich meine Druckgeschwindigkeit erhöhen?
- Ist die Maschinen-Kühlung auf die tatsächliche Leistung der Anlage dimensioniert?

Makro-(Grob- und Fein-) Analysen

- Was sind die effektiven Anforderungen an die Raumkonditionen (Temperatur, Feuchte, Luftqualität), in welchen Bereichen und zu welchen Zeiten?
- Welche Aussen- und Umluftmengen sind eingestellt und welche Frischluftmengen sind effektiv notwendig?
- Fallen VOC (auch weiterhin) an? Können diese energetisch genutzt werden?
- Welche Wärmemenge fällt generell an, bzw. in den Betriebszuständen?
- Wo können Abwärmen genutzt werden (auch für Dritte)?
- Werden externe Wärmelasten raumwirksam?
- Was sind die effektiven Druckluftanforderungen? Liegen Druckluftleckagen vor?
- Welche Beleuchtungsstärken sind in welchen Bereichen effektiv notwendig?

9 Empfehlung

Bei weiteren Analysen in Druckereibetrieben kann die vorliegende Studie beigezogen werden, um gezielt wirtschaftliche Effizienzmassnahmen zu eruieren. Da die Bereiche der Druckprozesse, der Kälteerzeugung und der Lüftungsgeräte am meisten Effizienzpotential ausweisen, ist es sinnvoll, eine „Best-Practice“ für Druckereibetriebe zusammenzustellen und den schweizerischen Druckereibetrieben zur Verfügung zu stellen. Damit werden regelbasierte Massnahmen angezeigt.

Durch zusätzliche, gezielte Messungen und Analysen können zielgerichtete Potentiale erkannt sowie Massnahmen definiert und bewertet werden. Demnach sind für individuelle Massnahmen stets Messdaten nötig und sinnvoll. Damit können die folgenden Empfehlungen gegeben werden:

1. **Grobanalyse:** Durchführung einer Grobanalyse und Überprüfung von Best-Practice-Massnahmen. Bei entsprechenden Analysen in Druckereibetrieben kann die vorliegende Studie beigezogen werden.
2. **Fokussierung:** Wesentliche Fokussierung sollte in den Bereichen Kälteerzeugung und Lüftungsgeräte erfolgen. Hierzu ist es sinnvoll, die Konditionierung der Produktionshallen zu prüfen und oder quantifizieren. Damit kann auch auf die aktuellen Produktionsanforderungen eingegangen werden.
3. **Messung und Analyse:** Durch gezielte Feinanalysen von typischen Druckprozessen können weitere Potentiale erkannt und Massnahmen definiert werden. Dabei sind Messdaten und Analysen zur Validierung der Grobanalyse als auch die Bewertung der Massnahmen an Anlagen, technisch und wirtschaftlich, möglich. Dabei können allgemein gültige als auch spezifische Optimierungen indiziert und bewertet werden.

Top-Massnahmen	Haus-technik	- Lüftung Betriebsoptimierung (Koordination mit Druckmaschine)	Volumenstromregelung für bessere Raumluftqualität. (Kleinbetrieb) kWh/a-elektrisch 45'000 kWh/a-thermisch 240'000	Volumenstromregelung für bessere Raumluftqualität. (Grossbetrieb) kWh/a-elektrisch 97'000 kWh/a-thermisch 484'000
	Beleuchtung	- zweiflam. Leuchten Ersetzen	6'000 – 8000 kWh/a (Betriebe 3 – 10 MA)	20'000 kWh/a (Betriebe 20 -50 MA)
	Trocknung	- IR-Trockner - LE-UV-Trocknung und UV-Trockner LED (Problem Kosten Material viel teurer)*	Bogenoffset: wenn aktiv hohe Wärmeabgabe – 20 kW 60% Energieeinsparung bedeuten im Prozess (210 m/min / 1 Lampe) rund 7.3 kW	Bogenoffset: wenn aktiv hohe Wärmeabgabe – 40 kW 80% Energieeinsparung bedeuten im Prozess (210 m/min / 2 Lampen) rund 14.6 kW
	Druckluft	- Vermeiden Leckagen - Standby Luftzirkulation (Abschaltung bei Inaktivität mit Sperrventil)	Einsparpotential: ca. 30 MWh/a Kosteneinsparung: 3 kCHF/a Investitionskosten: 15 kCHF Bogenoffset: 2.0 kW Rollenoffset: 2.5 kW	Einsparpotential: ca. 50 MWh/a Kosteneinsparung: 5 kCHF/a Investitionskosten: 15 kCHF Bogenoffset: 6.0 kW Rollenoffset: 4.5 kW
		Massnahme	Minimum	Maximum

Tabelle 7: Massnahmenkatalog als Kurzübersicht.

* Bestehende UV-Trockner könnten mit LED-UV-Trockner ersetzt werden. Durch den Ersatz wird ca. 80% weniger Energie benötigt als mit konventionellen UV-Trockner. Die Investitionen für den Umbau, diverse technische Anpassungen am Prozess und der Kühlung sind sehr hoch. Hinzu kommen Mehrkosten für die LED-UV Farben von ca. CHF 1.00 bis 10.00 pro kg-Farbe (Rechenwert + CHF 5.50/kg-Farbe). Die Einsparung setzt sich aus dem geringeren Strombedarf für die UV-Trockner und dem dadurch reduzierten Kühlbedarf zusammen: ca. 226'000 kWh/a-el * CHF 0.17/kWh = CHF 4'450.00/a.

Bei den aktuellen Marktpreisen rechnet sich diese Massnahme nicht, es muss aber beobachtet werden, in wieweit sich die Preise der Farben sowie der UV-LED Lampen bewegen.

10 Bibliographie

1. Gontarz, A., Weiss, L., Wegener, K., *Energy Consumption Measurement with a Multichannel Measurement System on a machine tool*, in *International Conference on Innovative Technologies IN-TECH* Proceedings of the International Conference on Innovative Technologies, Editor 2010: Prague, Czech Republic. p. 499-502.
2. *ISO14955 Environmental Evaluation of Machine Tools*, 2012, ISO-International Organization for Standardization - ISO/TC 39/WG 12
3. VDMA, G.E.A., *VDMA 8873-1 Einheitsblatt Richtlinie zur Ermittlung der betriebsspezifischen Leistungsaufnahme von Bogenoffsetdruckmaschinen Teil1: Druckmaschinen mit oder ohne Bogenwendeeinrichtung, konventionell*, 2011: Beuth Verlag GmbH.
4. *Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) - Kampagne "Druckluft effizient"*. 2013: p. www.druckluft-effizient.de.
5. Züst, S., A. Gontarz, and K. Wegener, *Energy Equivalent of Compressed Air Consumption in a Machine Tool Environment*, in *11th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, G. Seliger, Editor 2013: Berlin.
6. Gontarz, A., et al., *Machine Tool Optimization Strategies - Evaluation of Actual Machine Tool Usage and Modes*, in *Proceedings of the 9th Global Conference on Sustainable Manufacturing* 2011.