



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung

**In Zusammenarbeit mit der Energie-Agentur der Wirtschaft
(EnAW)**

PILOTPHASE PINCH-METHODIK 2006/07

PROJEKT: AMCOR FLEXIBLES SCHÜPBACH AG

Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

Martin Kernen, Planair SA

Crêt 108a, 2314 La Sagne, www.planair.ch

Fachliche Begleitung

Pierre Krummenacher, BG SA



Ansicht der Regenerativen Nachverbrennungsanlage bei AMCOR

Impressum

31. August 2007

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung

Industrie und Dienstleistungen

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Projektleiter: Bereichsleiter, martin.stettler@bfe.admin.ch

Projektnummer: XXXXXX

Bezugsort der Publikation: www.bfe.admin.ch unter EnergieSchweiz - Unternehmen –
Prozessintegration PI

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage	2
1.1 Pinch-Analyse in Kürze	2
2. Ziel der Arbeit	2
3. Lösungsweg	3
3.1 Vorgehen	3
3.2 Aufgetreten Probleme, Energiemodellierung	3
4. Ergebnisse	5
4.1 Verwendete Grundlagen	5
4.2 Ist-Analyse	5
4.2.1 Kurze Beschreibung der Prozesse der AMCOR	5
4.2.2 Heutiger Energie-Verbrauch	6
4.2.3 Energie - Bilanz	8
4.2.4 Beschreibung der Wärmeerzeugungsanlagen	9
4.2.5 Beschreibung der Lüftungsanlagen	9
4.2.6 Beschreibung der Regenerative Nachverbrennungsanlage (RNV)	10
4.3 Analyse der RNV – Betrieb	11
4.4 Massnahmen	12
4.4.1 Einsparpotentiale bei der Wärmeerzeugung	12
4.4.2 Einsparpotentiale bei der RNV Anlage	13
4.5 Resultate / Einsparungen	14
4.6 Empfehlung / Weiteres Vorgehen	15
5. Schlussfolgerungen	16

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei der Fa. AMCOR Flexibles Schüpbach AG, und speziell bei Herrn Marcolli für die tatkräftige Unterstützung bedanken. Herzlicher Dank gilt auch dem Bundesamt für Energie und der Energieagentur der Wirtschaft, welche diese Arbeit unterstützt hat.

1. Ausgangslage

Das Bundesamt für Energie (BFE) fördert innovative Energieeinsparungs-Projekte in allen Bereichen aber nicht zuletzt in der Industrie. In Zusammenarbeit mit der Energie-Agentur der Wirtschaft (ENAW), hat das BFE an fünf industrielle Betriebe das Angebot gemacht, eine „Pinch-Analyse“ zu unterstützen. Diese „Pilot“ Analysen sollen auch für andere Betriebe als Beispiel und methodologisches Vorgehen dienen.

Die Firma AMCOR Flexibles Schüpbach AG in Burgdorf hat dieses Angebot wahrgenommen. Diese Firma ist schon Mitglied der ENAW und hat eine Verpflichtungstaugliche Vereinbarung im Jahr 2006 auditieren lassen.

PLANAIR SA ingénieurs-conseils SIA, wurde, als Energie-Spezialist und Moderator der ENAW für diese Dienstleistungen beauftragt.

1.1 Pinch-Analyse in Kürze

Die Pinch-Methode ist ein Prozessintegrationswerkzeug, welches bei der energetischen Verbesserung von energieintensiven thermischen Prozesssystemen zum Einsatz gelangt. Durch die Erfassung der warmen und kalten Prozessströme und geschickter Platzierung von Wärmeübertragern (Pinch-point) innerhalb des Prozesssystems lässt sich die thermische Leistungsbedarf und Energieinput in Prozessanlagen systematisch minimieren. Die Pinch-Methode ist dort angezeigt, wo energieintensive und massenintensive Produkte mit hohem Energiekostenanteil in kontinuierlichen Prozessen produziert werden. In der Regel lässt sich heute die Prozessintegration mittels Pinch-Methode etwa ab Fr. 300'000.-- Energiekosten für rein thermische Energie (Wärme/Kälte) in kurzer Zeit amortisieren. Leitziel ist es, die Methode möglichst kostengünstiger zu gestalten, damit auch kleinere Betriebe (Branchenlösungen) davon profitieren und die Amortisationszeiten verkürzt werden können.

2. Ziel der Arbeit

Diese Studie hat zum Ziel, eine Entscheid-Basis für Energieeinsparungs-Massnahmen zu erstellen. Hauptsächlich wird die Pinch-Analyse dafür eingesetzt, wobei andere „klassische Massnahmen“ auch in Frage kommen.

Aufbau des Berichtes :

- Im Kapitel 3, wird der Lösungsweg kurz beschrieben,
- Im Kapitel 4, wird die Firma und ihre Prozesse kurz beschrieben sowie die heutige energetische Lage dargestellt. Die konkreten Energiespar-Massnahmen werden auch dort aufgelistet und bewertet.
- Kapitel 5 schliesst den Bericht mit einer Schlussfolgerung.

3. Lösungsweg

3.1 Vorgehen

Nachfolgend wird das Vorgehen beschrieben:

- Information über die Prozesse und Prozessanforderungen,
- Datenaufnahme von Produktion und Infrastruktur,
- Aufbau von Energie- und Massenbilanzen, Herstellung des Energieflussbild,
- Messung der Energie-Verbräuche (während 10 Betriebsstunden) und Analyse der Nützlichkeit dieser Daten für die Pinch-Analyse,
- Sammlung der vorhandenen Betriebsdaten der RNV Anlage vom Anlagehersteller. Entscheidung die Pinch-Analyse wegzulassen und auf dem Betrieb der RNV Anlage zu konzentrieren,
- Modellierung der RNV Anlage,
- Definition der möglichen Energiespar-Massnahmen und Simulation der Resultate,
- Diskussion der Massnahmen mit AMCOR.

3.2 Aufgetreten Probleme, Energiemodellierung

Bei der Energiemodellierung sind zwei Haupt-Problemen aufgetreten:

- wegen vielfältigen Betriebs-Zuständen konnten wir keine „Normalfälle“ beim Wärmeverbrauch bilden: jede der 8 Maschinen verhandelt von 1 bis 8 verschiedene Aufträge pro Tag. Jeder Auftrag benötigt eine gewisse Anzahl Trockner (je nach Anzahl verarbeitete Farben) und spezifischen Einstellungen der Trocknertemperaturen und der Abluftmengen. Deswegen, sind übliche Betriebs-Fälle und Betriebs-Einstellungen schwer definierbar.
- Nur die gekaufte Energie wird gemessen. Es gibt keine Energie-Messung an die Wärme-Verbräucher, sei es auf die Maschinen selber oder auf den Verteil-Systemen. Messungen auf 15 Minuten-Basis haben gezeigt dass die zur Verfügung stehenden Instrumenten (Gas-, Öl- und Speisewasserzähler) nicht präzise genug sind um die Energie-Verbräuche der einzelnen Maschinen eruieren zu können.
Die RNV ist zwar mit einem Leitsystem ausgerüstet aber auf dem wurden nur Daten von Januar 2005 bis Mai 2005 gespeichert. Wir mussten Annahmen treffen um ein gesamte Energie-Bilanz erstellen zu können (siehe Bild 1). Dies betrifft hauptsächlich die Wärmerückgewinnung aus dem RNV.

In diesem Zusammenhang und besonders wegen fehlenden Messdaten, mussten wir die Pinch-Analyse aufhören und unsere Arbeit auf die grössten Energie-Einsparungen und Rückgewinnungs-Möglichkeiten fokussieren. Da die RNV-Anlage die grösste Bedeutung an Energie aufweist, haben wir uns auf diese Anlage konzentriert.

Die Energiemodellierung der RNV-Anlage basiert sich auf folgenden Annahmen:

- Die Keramik-Füllung Verhält sich wie ein Gegenstrom-Wärmetauscher im stationärem Zustand, wo die Verbrennung erst nach dem Wärmetauscher stattfindet¹,
- Die thermischen Verluste passieren meisten in der Brennkammer².
- Die UA – Wert des Wärmetauschers (thermophysikalische Eigenschaft in [kW/K]) nur von der Rohgasmenge abhängig ist.

Die Energiemodellierung dient für Simulationen der zusätzlichen zurückgewonnenen Energie dank:

- der Absenkung der Brennkammer-Temperatur,
- der Erhöhung der internen Wärme-Wirkungsgrad,
- der Erhöhung der Rohgas-Eintrittstemperatur.

Die Datenqualität war genügend aber nur für Mai 2005 vollständig verfügbar. Deswegen konnten wir die Simulation nur für diese Periode machen. Die Resultate der Simulation wurden dann auf einem Jahr hochgerechnet.

¹ Wobei, in der Realität, die Verbrennung des Lösungsmittel ab einem gewissen Temperatur anfängt. In gewissen Betriebszuständen, bildet sich diese Temperatur schon in der Keramik-Füllung. In anderen Worten, findet teilweise die Verbrennung schon in der Keramik-Füllung statt.

² Diese Annahme ist realistisch. Anhand vom Angaben der Anlage-Hersteller, der Wärme-Verlust der RNV-Anlage beträgt 250 kW.

4. Ergebnisse

4.1 Verwendete Grundlagen

Grundlage	Wert und Einheit
Erdgaspreis	5,0 Rp./kWh Hu
Heizölpreis	6,0 Rp./kWh
Teuerung der Energie	0% (keine Teuerung)
Betriebszeiten	6'328 h/Jahr

Tableau 1 : Berechnungsgrundlagen : Wirtschaftsdaten

Folgende Unterlagen wurden für diese Studie verwendet:

- Erklärungen über die Prozesse, Betriebszustände, Schemata, Pläne, Offerten zur Verfügung gestellt durch AMCOR AG,
- Betriebsdaten der RNV Anlage durch Fa. Langbein & Engelbracht, Bochum.

4.2 Ist-Analyse

4.2.1 Kurze Beschreibung der Prozesse der AMCOR

Amcor Flexibles Schüpbach AG in Burgdorf (AMCOR) kaschiert, bedruckt und schneidet Folien aus Kunststoff, Aluminium und Papier für die Lebensmittelindustrie. Sie beschäftigt 250 Personen.

Für das Bedrucken, ist AMCOR mit Rolle-zu-Rolle Tiefdruckmaschinen (mit 9, 10 und 11 Druckwerken) ausgerüstet. Für die meisten Aufträge werden Lösungsmittelhaltigen Farben eingesetzt, was eine Trocknung der Folie nach jedem Druckwerk nötig macht.

Je nach Anwendung, muss das fertige Produkt verschiedene Eigenschaften haben (schönes Aussehen, Licht-Schutz, Aroma-Schutz, Stabilität). Dafür ist die AMCOR ausgerüstet mit Kaschiermaschinen die bis 4 Schichten kaschieren können. Auf einer Maschine, dem sogenannten „Tandemextruder“, kann sogar ein Kunststofffilm auf ein Trägermaterial aufextrudiert werden.

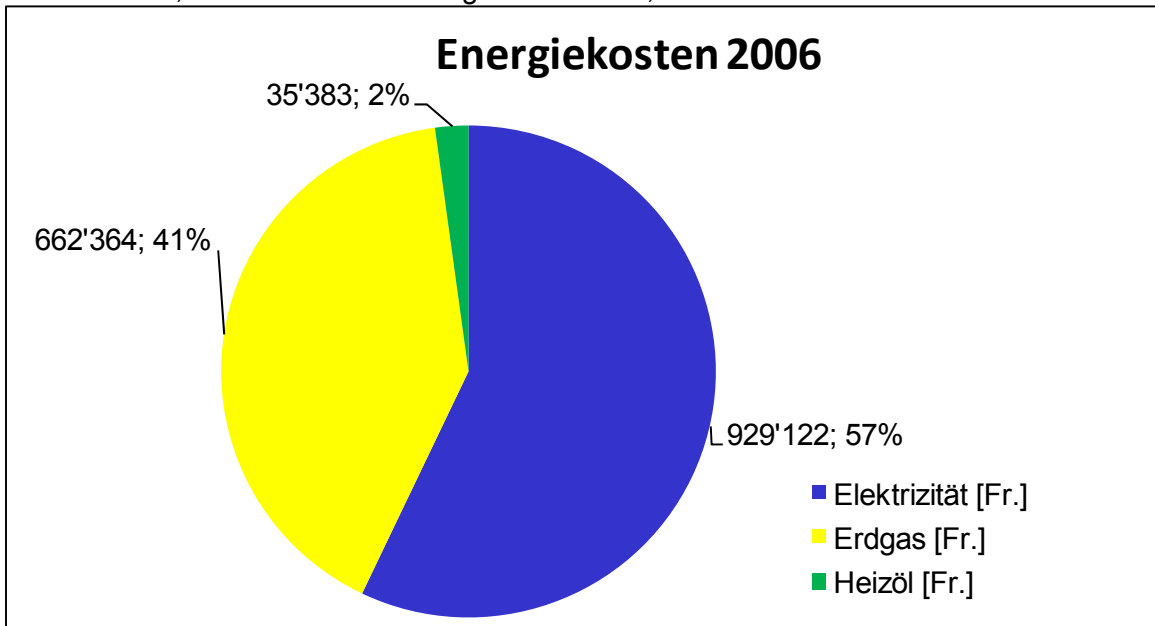
Ein Teil der Produktion muss während 14 Tagen in einem auf 45°C aufgewärmten Raum gelagert werden, damit der eingesetzte, spezielle Kaschierkleber vollständig aushärtet.

Am Schluss wird das bedruckte und kaschierte Produkt noch kundenspezifisch auf den gewünschten Durchmesser und die gewünschte Breite geschnitten.

Die Abluft aus den Tiefdruck- und Kaschier-Maschinen ist mit Lösungsmittel belastet und muss behandelt werden. Dazu dient eine Abluft-Reinigungsanlage, die nach dem Prinzip der regenerativen Nachverbrennung funktioniert. Diese Anlage wird hier „RNV“ genannt.

4.2.2 Heutiger Energie-Verbrauch

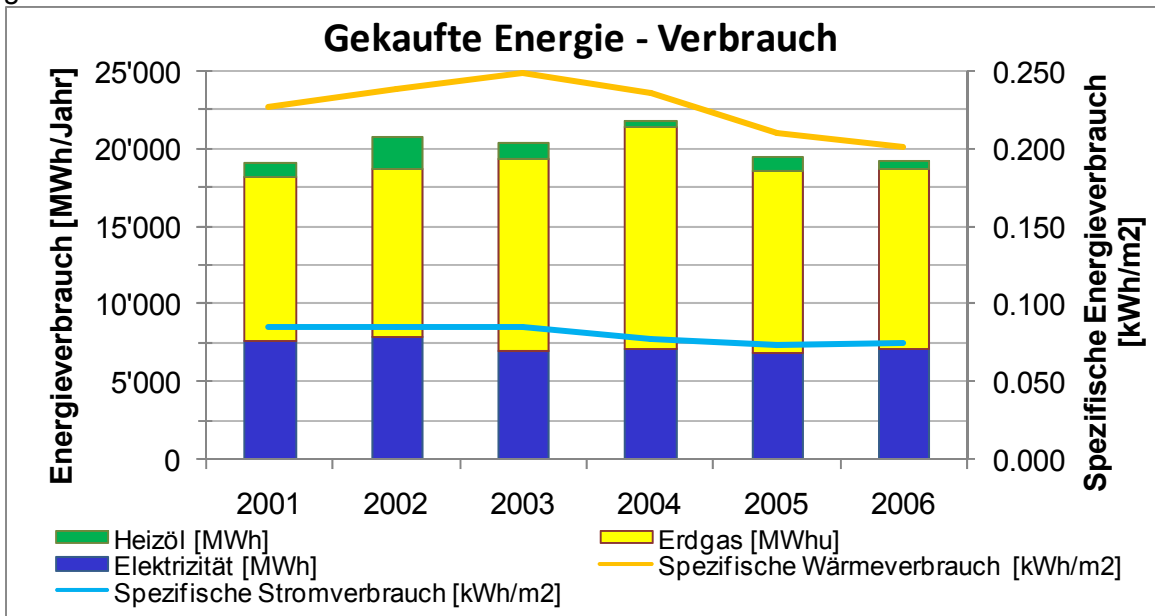
Im Jahr 2006, hat AMCOR für Energie mehr als 1,6 Mio Franken bezahlt.



Figur 1 : Energiekosten im Jahr 2006

Die Elektrizität, obwohl zu einem günstigen Preis gekauft wird (12,8 Rappen/kWh), macht fast 60% der gesamten Energiekosten.

Die folgende Graphik stellt den gekauften Energie - Verbrauch sowie den spezifischen Energieverbrauch seit 2001 dar:

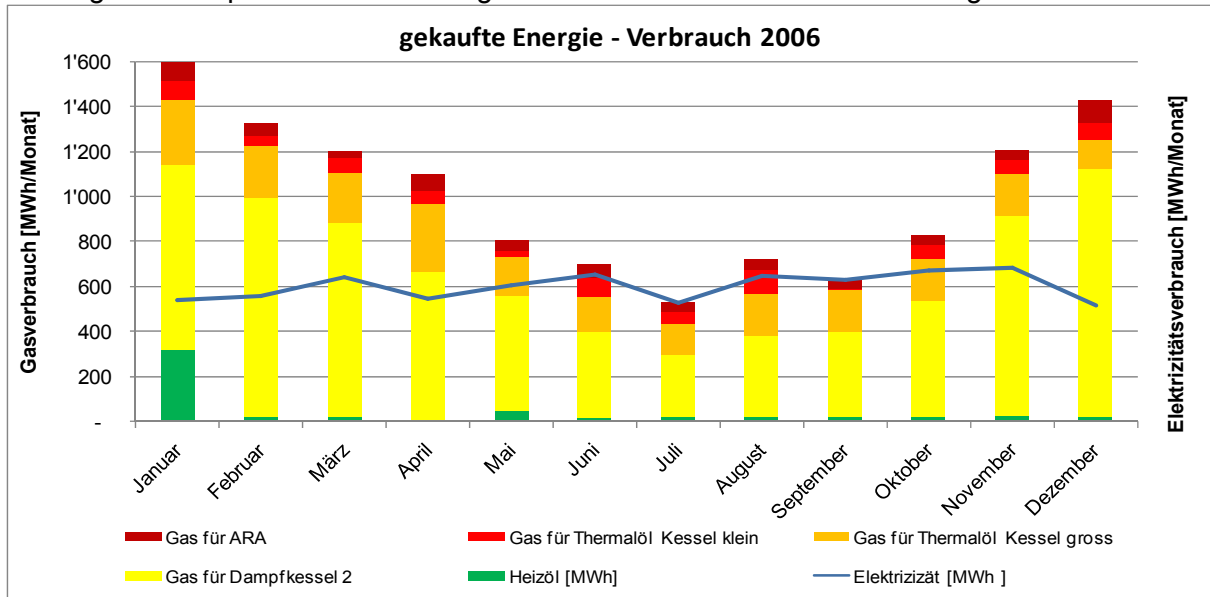


Figur 2 : Verbrauch an gekaufte Energie und spezifischer Energieverbrauch für die Jahren 2001 bis 2006

Aus dieser Graphik stellt man fest dass:

- Der spezifische Elektrizitätsverbrauch (Elektrizitätsverbrauch pro m² bedruckte Fläche) seit 2004 konstant bleibt.
- Der spezifische Wärmeverbrauch (Gas- + Heizöl- Verbrauch pro m² bedruckte Fläche) seit 2003 massiv gesunken ist (um 23% Reduktion). Das zeigt dass, die Firma AMCOR schon erfolgreiche Wärmesparmassnahmen eingesetzt hat.

Die folgende Graphik stellt den Energieverbrauch der verschiedenen Energien in 2006 dar:



Figur 3 : Verbrauch an gekaufte Energie im Jahr 2006

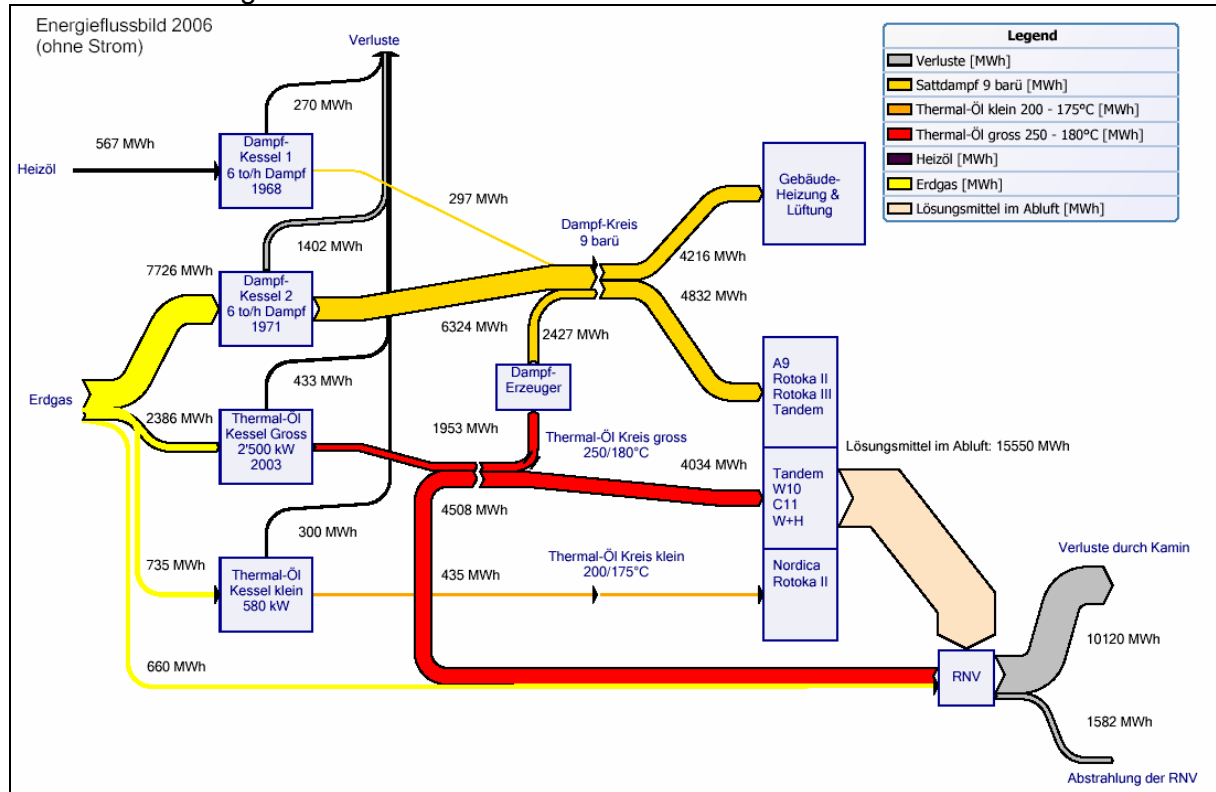
Aus dieser Graphik stellt man fest dass:

- Elektrizität: Der Elektrizitätsverbrauch nicht witterungsabhängig ist.
- Wärme :
 - der Wärmeverbrauch sehr witterungsabhängig ist,
 - rund 5% Wärme wird mit Heizöl erzeugt,
 - der grosse Anteil Wärme (64%) wird mit den Dampfkesseln erzeugt.

4.2.3 Energie - Bilanz

Alle diese Überlegungen wurden auf die gekaufte Energie gemacht, dass heisst auf Strom-Gas- und Heizöl-Verbrauch. Dazu kommt ein Teil der Energie-Verbrauch der AMCOR aus dem im Lösungsmittel enthaltenen Energie.

Im Energieflussbild (siehe Grafik 1), sind alle relevante Energieflüsse (ohne Strom) und deren Kreisläufe dargestellt.



Grafik 1 : Energieflussbild für das Jahr 2006 (ohne Stromverbrauch)

Die Lösungsmittel, die bei der Trocknung der Folie in der Abluft verdampft wird, enthält mehr Energie als was an Erdgas und an Heizöl gebraucht wird.

Die grössten Verluste bestehen bei der RNV, da nur ein Teil der im Reingas enthaltenen Energie rückgewonnen wird. Dieser Wärme-Rückgewinnung bringt aber schon fast ein Drittel der Endenergie-Verbrauch.

Die Dampf-Erzeugung mittels Thermal-Öl (durch einem Thermal-Öl – Dampf Wärmetauscher) erlaubt, ein Teil der aus dem RNV rückgewonnene Energie zu benützen.

Der Thermal-Öl Kessel klein erzeugt nur wenig Wärme im Vergleich mit Dampf-Kessel 2 und Thermal-Öl Kessel gross.

Die Gebäude- Heizung und Lüftung macht etwas ein Drittel des Wärmeverbrauchs aus. Der grossen Menge Zuluft verursacht diesen hohen Anteil an Wärmeverbrauch.

4.2.4 Beschreibung der Wärmeerzeugungsanlagen

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch 4 Heizkessel:

Kessel-Name	Jahrgang	Leistung	Brennstoff	Temperaturbereich	angeschlossene Verbraucher	Jahres - Wirkungsgrad ³	Bemerkung
Dampfkessel 1	1968	6 to/h	Heizöl	9 barü	A9, Rotoka III, Tandemextruder & Rotoka II (teilweise) Heizung & Lüftung	52 %	Nur als Notkessel verwendet. Ohne Rekuperator
Dampfkessel 2	1971	6 to/h	Erdgas	9 barü	Gleich wie Dampfkessel Nr 1.	82 %	
Thermalöl-Kessel Gross	2003	2'500 kW	Erdgas	250/180°C	W10, C11, W+H, Tandemextruder (teilweise)	?	Ein Wärmetauscher ermöglicht eine Dampferzeugung
Thermalöl-Kessel Klein	?	581 kW	Erdgas	200/175°C	Nordmeccanica & Rotoka II	60 % ⁴	

Tableau 2: Liste der Wärmeerzeuger

Der Dampfkessel 1 hat fast 50% Verluste da er sehr wenig läuft. Die gleiche Problematik existiert auch beim Thermalölkessel klein.

4.2.5 Beschreibung der Lüftungsanlagen

Bei Tiefdruckmaschinen und Kaschiermaschinen die mit Lösungsmittel fahren, ist ein Trockner nach dem Druck jeder Farbe angeordnet, um die Farbe oder die Lacke zu trocknen. Diese Trockner nehmen die für den Trocknungs-Effekt benötigte Luft aus dem Raum. Die Abluft von allen Maschinen wird zusammengefasst und zentral in einer Abluft-Reinigungsanlage (RNV) behandelt. Mit einer Ersatz-Raumluftanlage wird in den Produktionsräumen eine ausgeglichene Luftbilanz gewährleistet.

Die Zuluft wird:

- teilweise als Leckluft direkt beim Eintritt der Folie in die Trockner angesaugt. Damit wird verhindert dass Lösungsmittel in die Halle austreten und verdampfen können. Dieser Anteil ist nicht gesteuert.
- teilweise durch gesteuerte Klappen aus den Ventilator-Räumen (für die Tiefdruckmaschinen C11 und W+H) oder aus dem oberen Teil der Produktionshalle (für die anderen Tiefdruck- und Kaschiermaschinen) angesaugt.
- teilweise ungesteuert durch Öffnungen (Türen, Fenster) direkt in die Produktionshallen.
- Die Zuluft-Mengen sind tiefer als die Abluft-Mengen. Dies bedeutet dass ein Teil der Zuluft direkt in die Hallen fließt, ohne Behandlung (Filtrierung und Erwärmung oder Kühlung). Im Winter, wird dieses Phänomen verstärkt indem Umluft-Klappen auf den Zuluft-Anlagen geöffnet werden. Der Grund ist, die Abwärme der Maschinen besser zu nützen und dadurch weniger Heizenergie zu brauchen. Nachteile dieser Lösung sind die Luftzüge die zu Komfort-Problemen führen und der Staub der in die Produktionshallen fließt.

³ Der Jahres-Wirkungsgrad der verschiedenen Wärmeerzeuger ist nur schwer einzuschätzen da es keinen Wärmezähler gibt. Für die Dampferzeuger, konnte man sie anhand des Speisewasser-Verbrauchs ermitteln.

⁴ Dieser Wert ist eine reine Schätzung. Die übliche Formel zur Berechnung des Jahreswirkungsgrades konnte nicht gebraucht werden da die Jahres-Lastung zu tief war (10 und 15% für den Thermal-Öl Kessel gross, resp. klein).

4.2.6 Beschreibung der Regenerative Nachverbrennungsanlage (RNV)

Sämtliche lösungsmittelhaltige Abluft muss in der Abluft-Reinigungsanlage behandelt werden. Die Luftreihalt-Verordnung (LRV) schreibt, eine maximale Konzentration von 150 mg/Nm³ Lösemittel in der Abluft vor, wobei diese Grenze bei 75 mg/Nm³ für die VOC-Abgabe liegt.

AMCOR hat eine neue Abluft-Reinigungsanlage in 2003 in Betrieb genommen.

Sie funktioniert nach dem Prinzip der sogenannten regenerativen Nachverbrennung:

- die Abluft (Rohgas), die aus den Maschinen mit einer Temperatur von ungefähr 35°C kommt, fließt durch einen Behälter gefüllt mit heisser Keramik und erwärmt sich auf ungefähr 775°C,
- der Lösungsmittel-Anteil im erwärmten Roh-Gas wird in einer Kammer verbrannt. In der Kammer herrscht eine Temperatur von minimal 820°C. Die Erwärmung des Rohgases von 775°C auf 820°C erfolgt durch die Verbrennung der Lösungsmittel.
- Die durch die Verbrennung behandelte Abluft (sogenanntes Reingas) ist jetzt LRV-Konform. Das Reingas fließt durch zwei andern mit Keramik gefüllten Behälter und kühlt sich dabei bis auf 100°C ab. Dabei speichern die Behälter die Wärme aus dem Reingas.
- In einem Minuten-Takt wird das Rohgas von einem zum anderen Behälter geleitet.
- Bei der Umstellung eines Behälters vom Rohgas ins Reingas wird zuerst während 5 Sekunden der Rest Rohgas mittels eines Spülluft-Ventilators aus dem unteren Teil des Behälters abgesogen und ins Rohgas eingeleitet.
- Beim Anfahren und solange der Lösungsmittel-Anteil im Rohgas zu niedrig ist, wird mittels Stützenergie über 2 Gasbrenner die Solltemperatur in der Brennkammer auf 820 °C gehalten.
- Sobald der Lösungsmittel-Anteil hoch genug ist (ungefähr bei 3 g/Nm³), wird keine Stützenergie mehr benötigt. Das System ist „Autotherm“.
- Sobald der Lösungsmittel-Anteil diesen Autotherm-Wert überschreitet, steht Überschuss-Energie zur Verfügung. Dann wird ein Teil des Reingases über einen Wärmetauscher umgeleitet. Die zurückgewonnene Energie wird in das Thermalöl-Netz eingeleitet.

4.3 Analyse der RNV – Betrieb

Bei AMCOR, weist die Regenerative-Nachverbrennungsanlage die grössten Energie-Einsparungen und Rückgewinnungs-Möglichkeiten auf. Sie liefert Wärme auf einem hohen Temperaturniveau, was für die Druck- und Kaschier- Maschinen nutzbar ist.

Die Grundidee ist sich auf den Betriebsoptimierungs- und Rückgewinnungs- Möglichkeiten der RNV zu konzentrieren was viel mehr bringt als Massnahmen auf einem tieferen Temperatur-Niveau.

Der Betrieb der RNV wurde eruiert anhand von:

- Diskussionen mit dem Betreiber und mit dem Anlage-Hersteller,
- Daten aus dem Leitsystem von April 2005⁵. Nach detaillierter Analyse, sind diese Daten repräsentativ des normalen Betrieb der RNV⁶.

Die Resultate der Evaluation sind wie folgt:

- Die RNV ist sehr effizient indem die behandelte Abluft nur noch 7 mg/Nm³ VOC beinhaltet, wobei die Grenze bei 75 mg/Nm³ für die VOC-Abgabe liegt.
- Die Anlage und die Wärmerückgewinnung weisen einen einwandfreien Betrieb auf.
- Die Abstrahlungsverluste der RNV-Anlage liegen ungefähr bei 250 kW.

Mit den Daten von April 2005, konnten wir das folgende feststellen:

- Die Temperatur des Rohgases (am Eintritt der RNV) und des Reingases (am Austritt) liegen im Mittelwert⁷ bei 36°C resp. bei 93°C.
- Ungefähr 19'000 kW werden im RNV-Keramik zwischen Rohgas und Reingas getauscht. Im Mittelwert, liegt der thermische Wirkungsgrad bei 93%, was über die angegebenen Werte der Anlagehersteller liegt⁸.
- Die Temperatur in der Brennkammer liegt im Mittelwert bei 851°C, obwohl der Sollwert bei 820°C liegt.
- Der Lösungsmittel-Konzentration liegt zwischen 1 und 6 g/Nm³, mit einem Mittelwert auf 3,9 g/Nm³. Die Autotherm – Limit liegt zwischen 2,5 und 3,5 g/Nm³, was korrekt ist gemäss Angaben von Anlagehersteller.
- Im Mittelwert, werden 4% des Rohgases in die Wärmerückgewinnung umgeleitet. Die Wärmerückgewinnung liefert ungefähr 4,5 GWh/Jahr⁹ was ein beträchtlicher Anteil an Energie-Verbrauch ausmacht (siehe auch Grafik 1). Die Wärmerückgewinnung läuft auch ausser den Betriebsperioden weil der Wärmetauscher neben der Brennkammer liegt und von deren Abstrahlung profitiert.
- In gewissen Perioden, ist die momentane Leistung der Wärmerückgewinnung höher als der Wärmebedarf der auf dem Thermal öl Kreis gross angeschlossenen Verbraucher. Diese Einschränkung wurde im Kauf genommen für die Berechnung der Massnahmen. Die nicht-zurückgewonnene Energie beträgt ungefähr 150 MWh/Jahr.

⁵ Leider wurden nur die Daten des Leitsystems der RNV von Anfangs 2005 gespeichert.

⁶ Die Temperaturen sind gleich wie diejenigen von Anfangs 2007. Der Lösungsmittelanteil, hochgerechnet auf ein Jahr, liegt ungefähr 5% vom realen Wert.

⁷ Mittelwert der Daten nur während der Betriebsperioden berechnet.

⁸ Der Anlage-Lieferant gibt 92,3% bei 125'000 Nm³/h und 3 g/Nm³ VOC Anteil.

⁹ Hochrechnung Anhand der Messdaten von April 2005.

4.4 Massnahmen

Die unten beschriebenen Massnahmen stammen nicht aus dem Pinch Methode, wobei diese Systematik geholfen hat, diverse Möglichkeiten zu vergleichen.

4.4.1 Einsparpotentiale bei der Wärmeerzeugung

Es gibt diverse Einsparpotentiale bei der Wärmeerzeugung:

- Reduzieren der Anzahl Heizkessel: eine solche Reduktion führt zu Energie- und Unterhaltskosten-Einsparungen durch die Reduktion der Verluste einzelner Heizkessel. Dies darf aber die Betriebssicherheit nicht gefährden.
 - Abstellen des Dampfkessels 1. Dieser Kessel wird heute als Notkessel und während der Gasversorgung-Abstellzeiten betrieben. Nach einer Hochdruck-Inspektion, wurde entschieden, diesen Kessel „nass“ zu konservieren, so dass er nach 3-4 Stunden wieder im Betrieb gesetzt werden kann. Die erwartete Energie-Einsparung liegt etwa bei 205 MWh/Jahr.
 - Abstellen des kleinen Thermalöl-Kessels. Das würde bedeuten, die beiden aktuellen Netze mittels eines Wärmetauschers zu verknüpfen. Die erwartete Energie-Einsparung liegt etwa bei 205 MWh/Jahr.
- Kessel mit bestem Wirkungsgrad so viel wie möglich brauchen.
- Die Energie-Transfers von Thermal-Öl Netz auf Dampf-Netz verbessern um die zurückgewonnene Energie vom NRV soviel wie möglich für den Dampf einsetzen zu können. AMCOR hat diese Massnahme in April 2007 unternommen. Dafür wurde die Thermal-Öl Vorlauftemperatur von 240 auf 250°C erhöht und den Dampf-Druck reduziert.
- Eine neue Tiefdruckmaschine wird wahrscheinlich in 2008 aufgestellt. Die heutige Idee ist sie mit Thermalöl zu beheizen um die Wärmerückgewinnung aus der RNV besser nutzen zu können.
- Dank dem Einsatz von neuen Druckluftkompressoren mit Wärmerückgewinnung stehen ungefähr 600 MWh/Jahr Abwärme zur Verfügung. Etwa die Hälfte davon wird für das Vorwärmen der Frischluft benützt. Die andere Hälfte muss vernichtet werden.
- Auf der Verbraucher-Seite, werden die Decke der beiden Wärmeräume besser isoliert. Die berechnete Energie-Einsparung liegt bei 440 MWh/Jahr.

4.4.2 Einsparpotentiale bei der RNV Anlage

Anhand von Analyse von Kapitel 4.3, sind folgende Einsparpotentiale denkbar:

- Die Rohgas-Kanäle vom Werk bis zum RNV (ungefähr 100m mit 1'800 mm Durchmesser) die momentan nicht isoliert sind, zu isolieren. Die Wärme-Verluste diesen Kanälen betragen ungefähr 800 MWh/Jahr. Dieser Wert könnte 10 Mal reduziert werden mit einer 50 mm dicken Isolation, das heisst, eine Energie-Einsparung von 700 MWh/Jahr. Die Rohgas-Temperatur würde dann im Mittelwert etwa 4,8 °K höher liegen als heute.
- Erhöhung der internen Wärme-Effizienz der RNV dank mehr Keramik-Füllung. 1% Effizienz-Steigerung (von 93% auf 94%) repräsentiert im Mittelwert eine Verbesserung von 200 kW, d.h. etwa 1'300 MWh/Jahr.
- Wärme-Rückgewinnung vom Reingas für das Vorwärmen vom Rohgas mit einem externen Wärmetauscher. Diese Möglichkeit wurde eliminiert, weil, im Vergleich, die interne Effizienz-Steigerung dank mehr Keramik-Füllung viel einfacher und kostengünstiger ist.
- Wärme-Rückgewinnung vom Reingas für ein neues Tief-Temperatur-Netz. Diese Möglichkeit wurde abgelehnt, da das ganze Verteil-System auf Dampf oder Thermal-Öl ausgelegt ist. Die Wärme-Rückgewinnung muss auf dem höheren Temperatur-Niveau stattfinden, so dass das aktuelle Thermal-Öl Netz gebraucht werden kann.
- Absenkung der Brennkammer-Temperatur. Diese Massnahme wurde in Mai 2007 in Betrieb gesetzt, indem der Brennkammer-Temperatur von einem Sollwert von 820°C auf 800°C gesunken worden ist. Eine Temperatur-Absenkung von 20°C ergibt eine Energie-Einsparung von etwa 140 MWh/Jahr.
- Verbrennung der Altfarben und Altlösemittel als Stützenergie anstatt Erdgas. Die etwa 110'000 kg/Jahr Lösemittel und Farben werden als Brennstoff in Brennkammer eingespritzt und werden damit ungefähr 815 MWh/Jahr Erdgas ersetzen. Diese Massnahme wurde Ende Mai 2007 mit den Altlösemitteln in Betrieb gesetzt. Eine Altfarben-Destillation ist nötig um vom Potential der Altfarben profitieren zu können.

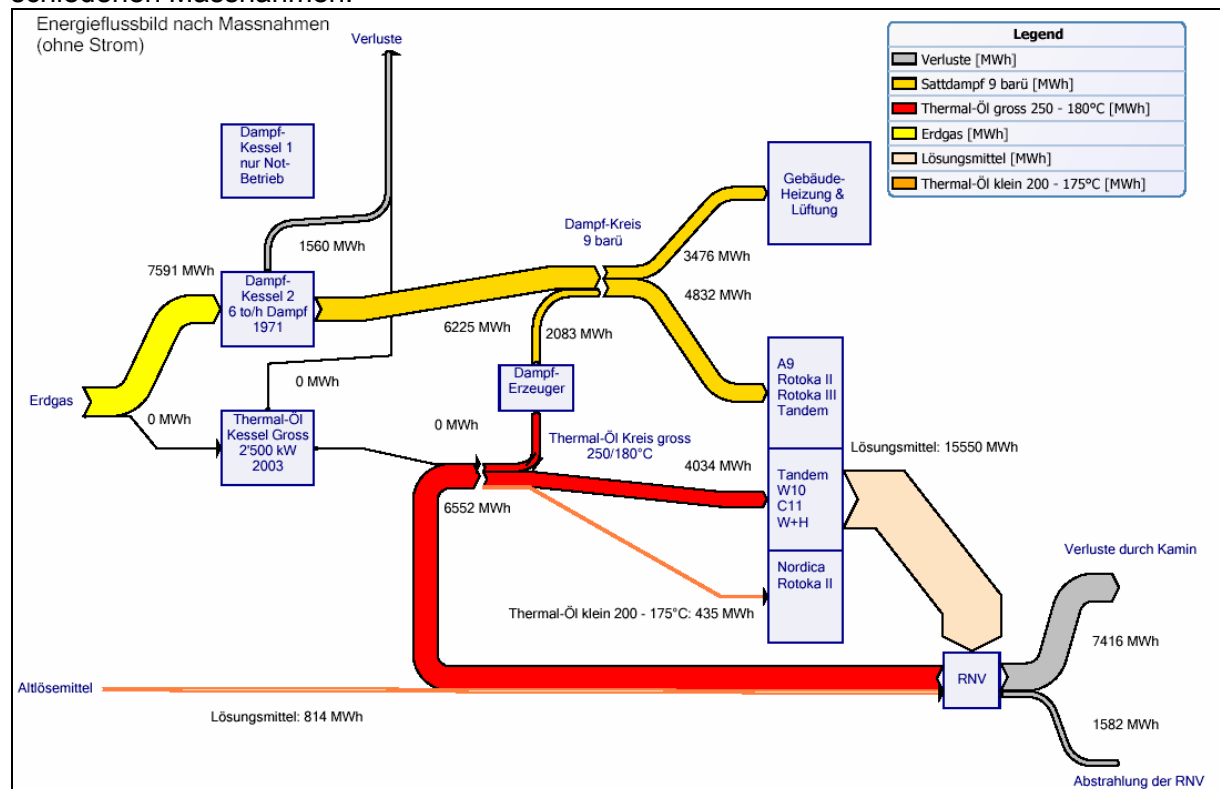
4.5 Resultate / Einsparungen

Die folgende Tabelle zeigt die im Kapitel 4.4 erwähnten Massnahmen, mit einer Schätzung der Kosten und der Rentabilität jeder Massnahme:

Massnahme	Energie-Einsparung [MWh/Jahr]	Investition (Teil Energie) [SFr.]	Betriebs-Kosten Einsparung [SFr./Jahr]	Rentabilität [Jahr]	Bemerkung / Priorität
Abstellen Dampfkessel 1	205	5'000.--	0	0.4	1st Priorität
Abstellen kleinen Thermal-Öl Kessel	185	40'000.--	-2'500.--	3.4	2te Priorität. Offerte einreichen.
Besseres Ausnutzung der WRG der RNV	100	1'000.--	0	0.2	Realisiert.
WRG aus Druckluft-Kompressoren	300	38'800.--	0	2.6	Realisiert
Isolierung der Rohgas-Kanäle	350	120'000.--	0	6.9	Zu eruieren
Isolieren der Decke beider Wärmeräumen	440	46'000.--	0	2.1	1ste Priorität
Erhöhung der internen Wärme-Effizienz der RNV	1'300	80'000.--	0	1.2	1ste Priorität. Offerte einreichen
Absenkung der Brennkammer-Temperatur	140	1'000.--	0	0.1	Realisiert
Verbrennung der Altfarben	814	150'000.--	-47'000.--	1.7	1ste Priorität

Tableau 3 : Liste der Massnahmen

Das folgende Energieflussdiagramm zeigt die Situation nach der Inbetriebnahme der verschiedenen Massnahmen:



Figur 4 : Energie-Flussbild nach Einsatz aller Massnahmen

4.6 Empfehlung / Weiteres Vorgehen

Alle vorgeschlagenen Massnahmen weisen eine sehr gute Rentabilität, ausser der Massnahme über die Isolation der Rohgaskanäle. Wir empfehlen das weitere Vorgehen wie folgt:

1. Sicherstellen dass die RNV Anlage optimal läuft. Diese Optimierung wurde schon weit unternommen, konnte aber noch weiter verfolgt werden in gewissen Aspekten:
 - a. Weitere Versuche die obere Temperatur der Thermal-Öl Vorlauf zu steigen um sicherzustellen dass die gesamt zurückgewonnene Energie ins Dampfnetz eingespeist werden kann. Das ist besonders wichtig da die zurückgewonnene Energie mit den Massnahmen massiv steigt und ein grosser Anteil davon muss unbedingt vom Thermal-Öl Netz auf Dampf-Netz transferiert werden.
 - b. Weitere Absenkung der Brennkammer-Temperatur anhand von VOC Messungen des Reingases, so dass diese Massnahme nicht auf der Kosten der Luftreinhaltung kommt,
 - c. Automatisieren und Messung der Verbrennung der Altlösemittel und, zukünftig auch der Altfarben.
2. Einsatz der als 1ste Priorität beschriebenen Massnahmen. Für die Steigerung der internen Wärme-Effizienz, soll noch eine Offerte der Anlagehersteller eingereicht werden.
3. Weiter studieren der Abstimmung des kleinen Thermal-Öl Kessel und eine Offerte einreichen.
4. Für die Isolation der Rohgas-Kanälen schlagen wir auch vor eine Offerte einzureichen, mit der Aufforderung die Kosten wesentlich zu reduzieren.

Parallel dazu, empfehlen wir ein Mess-Konzept zu erarbeiten um die Verbraucher-Anforderungen und die Wärme-Erzeuger besser zu kennen. Diese Daten könnten dann dienen für:

- die Kontrolle des Wirkungsgrades der Wärmeerzeuger und Netze sowie der Effizienz der Wärmerückgewinnung der RNV,
- die Optimierung der Wärmeerzeugung im Zusammenhang mit der Verbraucher,
- die Auslegung neuen Anlagen und Netzen.

In diesem Messkonzept, sollten folgenden Werte gemessen werden:

- vom Wärmeerzeuger gebrauchte Energie (Gas- Öl-Zähler auf jeden Wärmeerzeuger) sofern noch nicht vorhanden,
- vom Wärmeerzeuger erzeugte Wärme (Wärmezähler auf jeden Wärmeerzeuger), mit Temperatur-Messung,
- Kalibrierung der aktuellen Speisewasser-Zähler,
- Vom Wärmeverbraucher gebrauchte Energie (Wärmezähler auf jeder Maschine).

5. Schlussfolgerungen

Alle Massnahmen repräsentieren eine Energie-Einsparung von ungefähr ein Drittel des Aktuellen Wärmeverbrauchs. Dieses Resultat kann ohne Störung der Produktion erreicht werden. Die Optimierung der RNV Anlage ist die effektivste Massnahme und muss sorgfältig eingesetzt werden. Wir empfehlen dafür das vorgeschlagene Messkonzept zu erarbeiten und einzusetzen.

Die Erfahrung und Überlegungen über RNV Anlagen und deren Betrieb, könnten in anderen Industrien zu wesentlichen Wärme-Einsparungen führen.

Die Pinch-Analyse konnte nicht in diesem Fall benützt werden, was wir bedauern.

Planair SA; M. Kernen; 31. August 2007