

INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN  
PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND  
REAKTORSICHERHEIT

Energieeinsparung

Abschlussbericht 30441- 5/54

Vorhaben-Nr. 20102

**Lösemittelreduktion im Lackierprozess durch neuen, energieautarken Trocknungsprozess**

von  
Dipl.-Ing. Bernd F. Roth  
und  
Jacqueline Oertel (B.Sc.)

Gustav Resch & Söhne oHG  
Schwerte (Nordrhein-Westfalen)

Geschäftsführer  
Michael Resch

IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau

September 2008



**Resch & Söhne oHG**  
**Schwerte**



### Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA 30441 – 5/54	2. Energieeinsparung	3.
4. Titel des Berichtes Lösemittelreduktion im Lackierprozess durch neuen, energieautarken Trocknungsprozess		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dipl.-Ing. Roth, Bernd Oertel, Jacqueline (B.Sc)		8. Abschlussdatum 21.08.2008
		9. Veröffentlichungsdatum September 2008
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) G. Resch & Söhne o.H.G. Emil-Rohmann-Str. 1c 58239 Schwerte		10. Vorhaben-Nr. 20102
		11. Seitenzahl 20
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		12. Literaturangaben -
		13. Tabellen und Diagramme 4
		14. Abbildungen 5
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Lösemittelreduktion im Lackierprozess durch neuen energieautarken Trocknungsprozess mittels Prozesswärmeauskopplung bei gleichzeitiger Eliminierung der Lösemittelrestemission durch Rückführung der Trocknerabluft in die vorhandene TNV		
17. Schlagwörter Lösemittelreduktion; Prozesswärmeauskopplung, Rückführung Trocknerabluft in TNV		
18.	19.	20.

### Report-Coversheet

1. UBA 30441 – 5/54	2. Energy saving	3.
4. Report Title Solventreduction at paintworkprocess with a new, energyautarkic dryingprocess		
5. Authors(s), Family Name(s), First Name(s) Dipl.-Ing. Roth, Bernd Oertel, Jacqueline (B.Sc.)		8. Report Date 21.08.2008
		9. Publication date September 2008
6. Performing Organisation (Name, Adress) G. Resch & Söhne o.H.G Emil-Rohmann-Str. 1c 58239 Schwerte		10. Report.-No. 20102
		11. No. of Pages 20
7. Sponsoring Agency (Name, Adress) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		12. No. of References -
		13. No. of Tables, Diagramms 4
		14. No. of Figures 5
15. Supplementary Notes		
16. Abstract Solventreduction at paintworkprocess with a new, energyautarkic dryingprocess by courtesy of process during concurrency elimination of solventrestemission during refeeding the dryerexhaustair to the aviable thermal afterburning.		
17. Keywords Solventreduction; Process; refeeding dryerexhaustair to the thermal afterburning		
18.	19.	20.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	6
Vorwort	7
Kurzfassung/Summary	7
Das Unternehmen	8
1. Einführung	9
Ausgangslage .....	9
Projektziel .....	9
2. Nachweisführung (Kontrolle der Projektziele)	11
3. Energieeinsparung	12
3.1 Methode .....	13
3.2 Ergebnisse .....	14
4. Lösemittelemissionen	18
4.1 Methode .....	18
4.2 Ergebnisse .....	19
5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	22
5.1 Investitionen .....	22
5.2 Abschätzung der Einsparung .....	22
5.3 Amortisationszeit.....	23
6. Zusammenfassung	23
7. Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage	24

## Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Erdgasverbrauch und Fassproduktion 2006 und 2007 .....	14
Tabelle 2: Erdgasverbrauch kumuliert mit Produktion 2004, 2006 und 2007 .....	15
Tabelle 3: Messergebnisse des TÜV Süd, Übersicht .....	19
Tabelle 4: Messergebnisse Gesamt-C, O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> .....	21
Tabelle 5: Übersicht über die Investitionen.....	22
Tabelle 6: Amortisationszeit.....	23
Abbildung 1: Prozessübersicht für die Umsetzung der Projektziele.....	10
Abbildung 2: Ausbrennofen mit neuen Brennern und Wärmerückgewinnung .....	13
Abbildung 3: Trend spezifischer Energieverbrauch, Jahre 2006 und 2007 .....	15
Abbildung 5: Trocknungsofen mit Warmluftzufuhr aus einem Wärmetauscher hinter der TNV .....	17
Abbildung 6: Trocknungsofen innen .....	18

## Vorwort

Dieser Bericht bietet eine Übersicht über das Projekt „Lösemittelreduktion im Lackierprozess durch einen neuen, energieautarken Trocknungsprozess mittels Prozesswärmeauskopplung bei gleichzeitiger Eliminierung der Lösemittelrestemission durch Rückführung der Trocknerabluft in die vorhandene TNV“.

Neben einer erheblichen Reduzierung des spezifischen Energieverbrauches um ca. 28% konnten während des Projektes auch weitere positive Nebeneffekte beobachtet werden. So hat eine durch das Projekt realisierte Kapazitätssteigerung der Firma einen positiven Anstoß gegeben, in dessen Zuge neue Arbeitsplätze geschaffen wurden.

Das Projekt konnte Dank der unterstützenden Anteilsfinanzierung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Umweltinnovationsprogrammes realisiert werden.

Für die Unterstützung vor und während des Projektes soll der Effizienz-Agentur NRW (EFA) und dem Ingenieurbüro EFFIZIENZMANAGEMENT Roth gedankt werden. Weiterhin danken wir den Firmen Schirm Wärmetechnik GmbH, Lenzen ATT und Runkel für die kompetente technische Umsetzung des Projektes.

## Kurzfassung/Summary

Die Firma Resch & Söhne oHG in Schwerte hat mit dem Ingenieurbüro EFFIZIENZMANAGEMENT Roth aus Senden ein Verfahren entwickelt, das eine energieeffiziente, ohne Ausstoß von Lösemittelmmissionen Rekonditionierung von Stahlblechfässern gewährleistet. Dafür wird die heiße Abluft der TNV (thermische Nachverbrennung) zum einen für die Vorwärmung der Brennerluft, zum anderen zum Beheizen der Trocknungsstraße bei der Fasslackierung genutzt.

Mit diesen Maßnahmen konnte der Erdgasverbrauch um ca. 28% reduziert werden. Weiterhin werden die Abgase aus der Fasstrocknung in die TNV geleitet um die eventuell in diesen Abgasen vorhandenen Emissionen vollständig zu verbrennen.

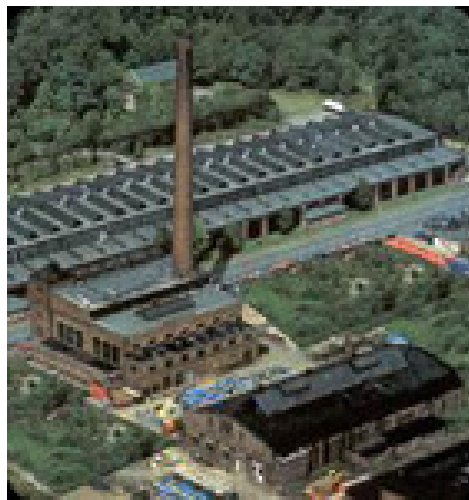
A procedure has been developed for the reconditioning of sheet steel barrels which is not only free of soluble emissions but also energy-efficient. This is the result of a co-operation project between Resch & Söhne oHG in Schwerte, the engineering company EFFIZIENZMANAGEMENT Roth from Senden. As a part of this procedure, a post-combustion system has been installed to eliminate possible hazardous substances. The heat content of the waste air is used for the pre-heating of the burner air and the heating of the drying area in the barrel coating process. A significant outcome has been achieved: a 28 % reduction of natural gas consumption.

## Das Unternehmen

Die Firma Resch & Söhne oHG in Schwerte ist ein kleines Familienunternehmen. Bereits in vierter Generation produziert das von Gustav Resch in den 1920er Jahren gegründete Unternehmen heute noch am Standort Schwerte. Wurden in dem damals noch jungen Unternehmen noch Holzfässer für die Fischindustrie gereinigt und aufgearbeitet liegt heute die Kernkompetenz in der Rekonditionierung von Stahlblechfässern (Inhalt ca. 200 ltr.). Schon das Konzept des Recyclings gebrauchter Fässer zeigt, dass der Umweltgedanke in diesem Unternehmen bereits eine große Rolle spielt.

Mit diesem Projekt sollte auch die Art der Rekonditionierung auf bestmöglichen technischen Stand gebracht werden und den durch produzierende Unternehmen zu leistenden Umweltschutz vorantreiben.

Aktuell beschäftigt das Unternehmen 36 Arbeitnehmer und führt mehr als 265.000 Fässer pro Jahr einer erneuten Nutzung zu.





## 1. Einführung

### **Ausgangslage**

Die Firma Resch & Söhne oHG arbeitet gebrauchte Stahlfässer wieder auf. Dafür müssen zunächst die Fässer geöffnet und evtl. in den Fässern vorhandene Reststoffe ausgekratzt bzw. entfernt werden und vorhandene Dämpfe direkt abgesaugt und über die Ofenanlage in die vorhandene TNV geführt.

Die restentleerten Fässer werden anschließend mit der Öffnung nach unten in einen Tunnelofen verbracht. Dort verbleiben die Fässer 3 Minuten bei ca. 500 °C, so dass anhaftende organische Stoffe der Fassinhalte verbrennen. Der Ofen wird mit 12 Gasbrennern, 6 Stück pro Seite, befeuert. Je nach Brennwert der Fassrestinhalte kann die Ofentemperatur jedoch bis auf 900 °C steigen. Eine zonengesteuerte Ofentemperaturregelung existierte nicht; es konnten lediglich manuell Brenner abgeschaltet werden.

Die Abgase werden einer thermischen Nachverbrennung (TNV) zugeführt und dort bei ca. 980 °C verbrannt. Die TNV wird mit 4 ringförmig angeordneten Gasbrennern befeuert. Die Abgase verbleiben ca. 1,6 Sekunden in der TNV um ein Verbrennen gefährlicher Emissionen zu gewährleisten. Zur Reduzierung der Abgastemperatur nach der TNV ist ein Wärmetauscher (Gas/Wasser) nachgeschaltet. Das auf ca. 200 °C gekühlte Abgas wurde weiterhin über einen Tuchfilter und anschließend in die Atmosphäre geleitet.

Die während des Fassausbrennens entstehende Asche wird gesondert gesammelt und entsorgt. Die ausgebrannten Fässer werden anschließend metallisch blank gestrahlt. Auf einer Fassstrasse mit Mantelwalzanlage, Zargenrichte und Expander werden die Fässer gerichtet, bevor sie in die Lackiererei verbracht werden.

Dort werden die Fässer nach Kundenwunsch lackiert, wobei lösemittelhaltige Lacke (50 %) zum Einsatz kommen. Bei ca. 60 °C erfolgt der Trocknungsvorgang unter Nutzung des Energieträgers Heizöl.

### **Projektziel**

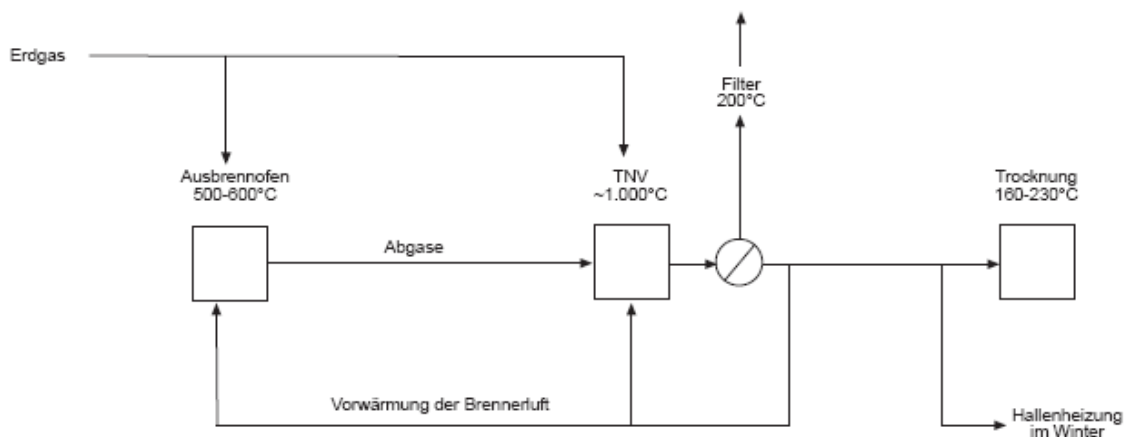
Die Überlegung für die Umsetzung dieses Projektes war es, den Energieverbrauch im Ausbrennofen und der TNV durch die Vorwärmung der Brennerluft zu reduzieren. Der Energieverbrauch sollte um 25 % reduziert werden. Gleichzeitig ergibt sich durch die hohen Abgastemperaturen hinter der TNV die Möglichkeit, die Trocknung der lackierten Fässer komplett über Wärmerückgewinnung zu erreichen und somit den für die Heizung des Trocknungsofens nötigen Heizölbedarf zu eliminieren. Eine mögliche höhere Temperatur bei der Trocknung soll den Einsatz von lösemittelfreien Lacken zulassen.

Weiterhin werden die Abgase des TrocknungsOfens ebenfalls in die TNV geleitet, so dass eventuell freigesetzte Lösemittel aus den Lacken vollständig verbrannt werden und somit nicht mehr in die Atmosphäre gelangen können.

Ziel des Projektes ist eine Erdgaseinsparung um ca. 25% (788.934 kWh/a) durch Brennerluftvorwärmung, sowie eine weitere Erdgaseinsparung um ca. 12,5% (395.000 kWh/a) durch temperaturgesteuerte Ofenzonen und Einbau neuer Brenner. Weiterhin eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die vollständige Eliminierung des Heizölbedarfes für den Betrieb des TrocknungsOfens.

Dadurch können die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 315,0 Tonnen pro Jahr reduziert werden.

Zudem sollte durch die höhere Temperatur beim Trocknungsvorgang die Möglichkeit geschaffen werden lösemittelfreie Lacke einzusetzen.



**Abbildung 1: Prozessübersicht für die Umsetzung der Projektziele**

## 2. Nachweisführung (Kontrolle der Projektziele)

Der Erdgasverbrauch wird durch Zähler monatlich festgehalten; ebenso die Menge der rekonditionierten Fässer. Es ist leider nicht möglich den Erdgasverbrauch getrennt nach Ausbrennofen und TNV aufzunehmen. Auch der Einfluss der Brennerluftvorwärmung und der temperaturgesteuerten Brenner kann nicht separat ermittelt werden.

Temperaturmessungen vor und nach dem neuen Wärmetauscher machen den Wirkungsgrad sichtbar. Auch eine Temperaturmessung des Trockentunnels lässt Aussagen über die Realisierbarkeit des Einsatzes lösemittelfreier Lacke zu.

Im Oktober 2008 wurden Emissionsmessungen durch Mitarbeiter des TÜV Süd vorgenommen. Ein ausführlicher Bericht der Messergebnisse liegt vor.

### **Hinweis:**

Es wurde, anders als zu Antragsstellung vorgesehen, die Lackieranlage inklusive Trocknungstunnel komplett erneuert. Dies hat zum einen zu Verzögerungen im Projektverlauf gesorgt; zum anderen wurde aber hierdurch die Produktivität wesentlich erhöht.

Daher können im weiteren Verlauf nicht absolute Zahlen zum Energieverbrauch sondern der spezifische Energieverbrauch pro Fass Aufschluss über den Erfolg des Projektes geben.

### 3. Energieeinsparung

Die technische Herausforderung des Projektes lag in erster Linie darin, die auf hohem Temperaturniveau ( $> 900\text{ °C}$ ) anfallende Energie auszukoppeln, auf die jeweils benötigten Temperaturniveaus zu bringen und an die entsprechenden Verbraucher (Ausbrennofen, Lacktrockner, Hallenheizung) zu transportieren. Die räumliche Entfernung der einzelnen Energieverbraucher von der Energiequelle (TNV) erforderten zum Teil lange Transportwege innerhalb der Anlage. Entscheidend war es, die Investitionskosten für den Wärmeaustauscher, Transportleitungen und Gebläse so zu gestalten, dass sich die investierten Mittel durch die Energieeinsparung in einem vertretbaren Zeitraum amortisieren.

Die Auskoppelung der Energie erfolgt über einen Rekuperator der als Rohrbündeltauscher ausgelegt und direkt hinter der TNV angeordnet ist. Die eintretende Luft wird durch die  $900\text{ °C}$  heißen Abgase auf ca.  $330\text{ °C}$  erwärmt und über isolierte Transportschächte an die Verbraucher geleitet.

Die Ermittlung Energieeinsparung erweist sich als schwierig, da der Durchsatz der Anlage im Zuge der Umrüstung deutlich gesteigert wurde. Zum besseren Vergleich wird daher der spezifische Verbrauch (Energieeinsatz pro Fass) des Jahres 2004 hochgerechnet auf die Produktion 2007 und mit dem tatsächlichen Verbrauch des Jahres 2007 verglichen. Dann ergibt sich eine Einsparung an Erdgas von insgesamt  $1.150.512\text{ kWh/a}$ , entsprechend einer Kosteneinsparung von  $69.030\text{ €/a}$  (Basis  $0,06\text{ €/kWh}$ ). Berücksichtigt man weiterhin den Wegfall des Heizölbedarfes für den Trockner (Basis  $0,07\text{ € pro kWh}$ ), so erhöht sich die Einsparung bei den Energiekosten um  $89.680\text{ €}$  jährlich.

Die Amortisationszeit für die Investition beträgt auf Basis der angeführten Energiepreise  $5,2$  Jahre. Bei den zu erwartenden Preissteigerungen kann jedoch aber davon ausgegangen werden, dass sich die Amortisationszeit deutlich verringern wird.

### **3.1 Methode**

Der Erdgasverbrauch an Ausbrennofen und TNV wurden kontinuierlich gemessen. Eine Tabelle mit monatlichen Daten findet sich unter Punkt 3.2. Die Anzahl der Fässer ergibt sich aus den kaufmännischen Daten der Firma Resch & Söhne oHG.

Die Abgastemperaturen am Rekuperator werden durch Temperaturfühler kontinuierlich gemessen.

Abbildung 1 zeigt den Ausbrennofen und die daran vorgenommenen Umbauten. Sämtliche, in der Abbildung silberfarbene, Brenner und Rohre wurden erneuert und dienen der im Projekt vorgesehenen Energieeinsparung. Lediglich der Ofen selbst, in der Abbildung blau zu erkennen, ist übernommen worden.



**Abbildung 2: Ausbrennofen mit neuen Brennern und Wärmerückgewinnung**

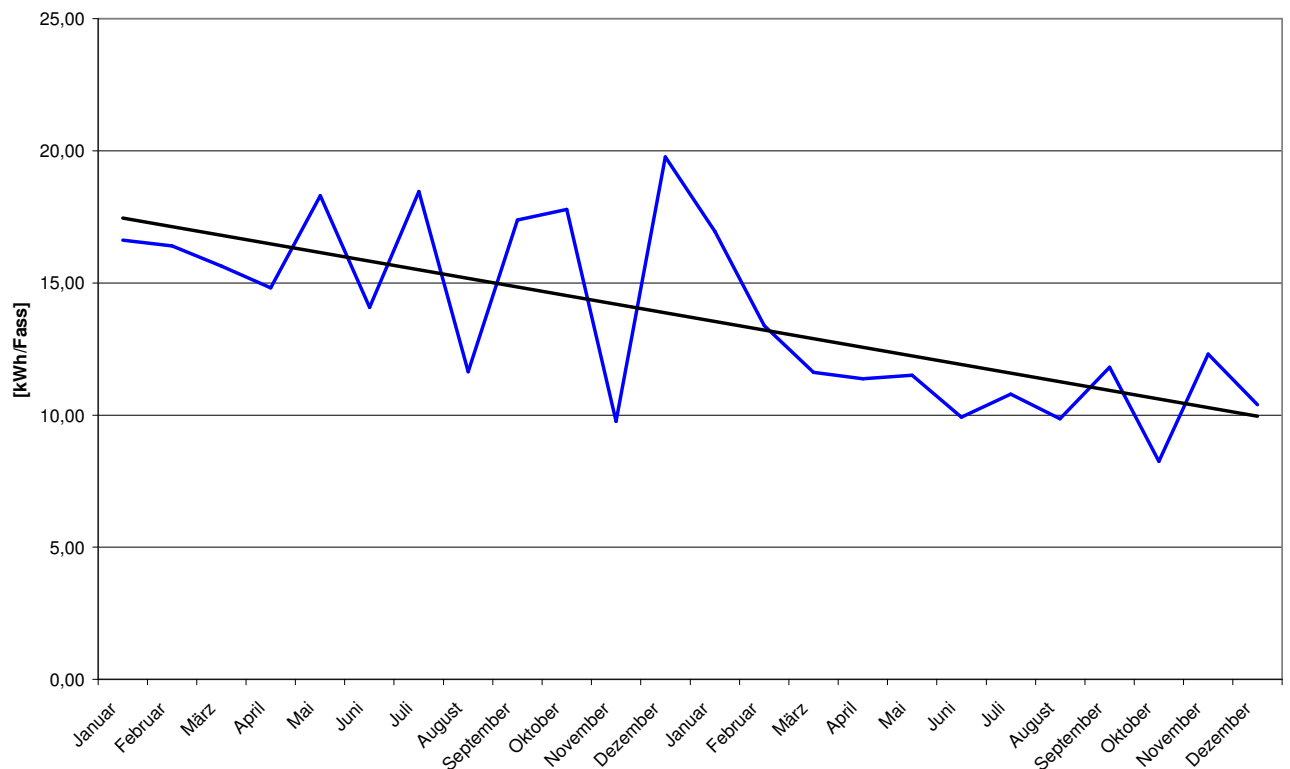
### 3.2 Ergebnisse

In den folgenden Abbildungen ist zu erkennen, dass der spezifische Erdgasverbrauch pro Fass deutlich abnimmt, während die Fassproduktion steigt.

In der Anfangsphase des Projektes sind zwar deutliche Schwankungen im Energieverbrauch vorhanden, diese können aber auf die Inbetriebnahme der Anlage, Brenner und Wärmerückgewinnung, sowie die dann nötige Feinjustierung zurückzuführen sein. Die Trendlinie in Abbildung 1 zeigt einen deutlichen Trend in Richtung Erdgaseinsparung. Auch die Schwankungsbreite nimmt ab Mitte 2007 deutlich ab, was darauf hinweist, dass langsam ein relativ konstanter Wert erreicht wird.

**Tabelle 1: Erdgasverbrauch und Fassproduktion 2006 und 2007**

	Erdgas 2006	Fässer 2006	Spezif. Erdgasverbrauch	Erdgas 2007	Fässer 2007	Spezif. Erdgasverbrauch
	[kWh]	[Stück]	[kWh/Fass]	[kWh]	[Stück]	[kWh/Fass]
Jan	282.594	17.000	16,62	355.959	21.000	16,95
Feb	278.886	17.000	16,41	294.511	22.000	13,39
Mar	355.071	22.700	15,64	281.322	24.200	11,62
Apr	256.260	17.300	14,81	212.689	18.700	11,37
Mai	311.211	17.000	18,31	234.916	20.400	11,52
Jun	254.858	18.100	14,08	218.261	22.000	9,92
Jul	326.760	17.700	18,46	287.266	26.600	10,80
Aug	205.062	17.700	11,64	253.334	25.700	9,86
Sep	271.137	15.600	17,38	242.159	20.500	11,81
Okt	316.504	17.800	17,78	201.378	24.400	8,25
Nov	180.206	18.450	9,77	294.154	23.900	12,31
Dez	227.428	11.500	19,78	161.197	15.500	10,40
<b>Gesamt</b>	<b>3.266.977</b>	<b>207.900</b>	<b>15,71</b>	<b>3.037.146</b>	<b>265.400</b>	<b>11,44</b>



**Abbildung 3: Trend spezifischer Energieverbrauch, Jahre 2006 und 2007**

Um trotz Produktivitätssteigerung Vergleichbarkeit der Werte der einzelnen Jahre zu erreichen, kann über den spezifischen Energieverbrauch auch auf die Produktion der Jahre 2004, 2006 und 2007 heruntergerechnet bzw. hochgerechnet werden. Das heißt, würde die Firma Resch mit dem spezifischen Energieverbrauch 2004, also vor Projektbeginn, ähnlich viele Fässer wie im Jahre 2007 rekonditionieren, so wäre statt 3.037.146 kWh erheblich mehr Energie, nämlich 4.187.658 kWh verbraucht worden. Aus der Differenz dieser beiden Zahlen ergibt sich eine Reduzierung des Erdgasbedarfes um ca. 27,5%, bzw. 232,4 t CO<sub>2</sub>/a. Für die Darstellung des Verbrauches vor Projektbeginn wurde das Jahr 2004 gewählt.

**Tabelle 2: Erdgasverbrauch kumuliert mit Produktion 2004, 2006 und 2007**

	2004	2006	2007
bezogen auf Produktion 2004	3.155.733 kWh	3.142.835 kWh	2.288.731 kWh
bezogen auf Produktion 2006	3.280.384 kWh	3.266.977 kWh	2.379.136 kWh
bezogen auf Produktion 2007	4.187.658 kWh	4.170.542 kWh	3.037.146 kWh

Die durch den neuen Wärmetauscher vorgeheizte Luft geht mit einer Temperatur von 330 °C aus dem Wärmetauscher heraus. Diese Warmluft wird zum einen für die Vorwärmung der Brennerluft am Ausbrennofen und der TNV genutzt, zum anderen um den Trockentunnel zu beheizen.

Die Temperaturen im Trockentunnel werden, je nach verwendeter Lackierung, gesteuert. Meist wird eine Temperatur von 160 °C benötigt; bei bestimmten Innenlacken wird die Temperatur stundenweise auf 230 °C hochgefahren. Wird mehr Warmluft für den Trockentunnel bereitgestellt, als nötig ist, kann im Winter die Halle damit beheizt werden (siehe Abbildung 3). Somit fällt zusätzlich der Einsatz von gasbetriebenen Heizstrahlern, wie sie bisher im Winter für die Beheizung der Arbeitsplätze betrieben wurden, weg.



**Abbildung 4: Trocknungs- / Trockentunnel mit Möglichkeit zur Hallenbeheizung**





**Abbildung 5: Trocknungsoven mit Warmluftzufuhr aus einem Wärmetauscher hinter der TNV**

Der Heizölbedarf am Trocknungsoven ist null. Die Energie wird komplett durch die Nutzung der Abwärme hinter der TNV bereitgestellt. Somit werden am Trockentunnel 295.000 kWh (ohne Produktivitätssteigerung, Stand 2005) und damit zusammenhängend **82,6 Tonnen CO<sub>2</sub>** pro Jahr eingespart.

Im Vergleich zum alten Trockentunnel mit nur einem Kettenzug besitzt der neue Trockentunnel (Abbildung 5) vier Kettenzüge, was die Kapazität deutlich steigert.



**Abbildung 6: Trocknungssofen innen**

## 4. Lösemittlemissionen

### **4.1 Methode**

Am 15. und 16. Oktober 2008 wurden Emissionsmessungen durch Mitarbeiter des TÜV Süd durchgeführt.

Gegenstand der Messungen waren neben Abgastemperatur, Feuchte, Volumenstrom, Druck, O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Gehalt auch diverse (Schwer-)metalle wie u.a. Cd, Hg, As, Pb, Cr, Cu. Zusätzlich PCDD, PCDF, Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff und natürlich C<sub>org</sub>. Die Messstelle wurde in der waagerechten Rohrleitung hinter der TNV zum Kamin gewählt.

Der Kohlenstoff (gesamt C) wurde mit einem Flammenionisationsdetektor gemessen. Die genauen Angaben zu den Analyse- und Messmethoden der anderen Komponenten können in dem Prüfbericht des TÜV Süd eingesehen werden.

## 4.2 Ergebnisse

Im Jahr 2006 wurden 67.680 kg lösemittelhaltige Lacke eingesetzt; im Jahr 2007 waren es 82.464 kg (Lösemittelanteil 50 %). Auch diese Steigerung ist auf die Produktivitätserhöhung zurückzuführen.

Lösemittelfreie Lacke werden aktuell nicht im Betrieb eingesetzt, da sich gezeigt hat, dass sich bei einer Vermischung von zwei unterschiedlichen Lacksystemen in einer Spritzkabine technische Störungen einstellen.

Die Emissionsmessungen des TÜV Süd bestätigen in allen untersuchten Stoffen eine **Unterschreitung der gesetzlichen Grenzwerte**. Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 3 gelistet. Die in dieser Tabelle aufgeführten Werte sind bezogen auf 273 K, 1013 mbar und 11% O<sub>2</sub>.

**Tabelle 3: Messergebnisse des TÜV Süd, Übersicht**

Messung	1	2	3	Mittelwert	Maximalwert	Massenstrom	Emissionsbegrenzung
	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	kg/h	mg/m <sup>3</sup>
Gesamtstaub	0,8	0,8	1,7	1,1	<b>1,7</b>	0,01	10
HCl	7,7	7,3	5,3	6,7	<b>7,7</b>	0,05	10
HF	0,2	0,2	0,4	0,3	<b>0,4</b>	0,002	1
Org. C <sub>ges</sub>	<5	<5	<5	<5	<b>&lt;5</b>	<0,03	10
	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	g/h	mg/m <sup>3</sup>
Hg	0,0013	0,0003	0,0106	0,0041	<b>0,0106</b>	0,036	0,05
Tl	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<b>&lt;0,0002</b>	<0,001	
Σ Hg+Tl 5.2.2-KI	0,0013- <0,0015	0,0003- <0,0005	0,0106- <0,0108	0,0041- <0,0043	<b>0,0106- &lt;0,0108</b>	0,036 <0,037	
Pb	0,1073	0,0409	0,0379	0,0620	<b>0,1073</b>	0,476	0,5
Co	0,0005	0,0003	0,0008	0,0005	<b>0,0008</b>	0,004	
Ni	0,0065	0,0030	0,0044	0,0046	<b>0,0065</b>	0,031	
Σ Pb,Co,Ni 5.2.2- KII	0,1143	0,0442	0,0431	0,0671	0,1143	0,511	
Sb	0,0033	0,0006	0,0008	0,0016	<b>0,0033</b>	0,013	1,0
Cr	0,0033	0,0019	0,0027	0,0026	<b>0,0033</b>	0,020	
Cu	0,0727	0,0752	0,0829	0,0769	<b>0,0829</b>	0,523	
Mn	0,0088	0,0102	0,0073	0,0088	<b>0,0102</b>	0,062	
V	0,0005	<0,0002	<0,0002	0,0003	<b>0,0005</b>	0,002	
Sn	0,0473	0,0127	0,0074	0,0225	<b>0,0473</b>	0,192	
Σ Sb,Cr,Cu,Mn, V,Sn 5.2.2- KIII	0,1359	0,1006- <0,1008	0,1011- <0,1013	0,1127	0,1359	<b>0,812</b>	
KI + KII	0,1156- <0,1158	0,0445- <0,0447	0,0537- <0,0539	0,0712- <0,0714	<b>0,1249- &lt;0,1251</b>	0,547- <0,548	0,5
KI + KIII	0,1372- <0,1374	0,1009- <0,1013	0,1117- <0,1121	0,1168- <0,1170	<b>0,1465- &lt;0,1467</b>	0,848- <0,849	1,0
KII + KIII	0,2502	0,1448- <0,1450	0,1442- <0,1444	0,1789	<b>0,2502</b>	1,323	1,0

## Abschlussbericht: energieautarker Trocknungsprozess bei der Fasslackierung

KI - III	0,2515- <0,2517	0,1451- <0,1455	0,1548- <0,1552	0,1839- <0,1841	<b>0,2608- &lt;0,2610</b>	1,359- <1,360	1,0
As	0,0032	0,0003	0,0006	0,0014	<b>0,0032</b>	0,011	0,05
Cd	0,0008	0,0003	0,0003	0,0005	<b>0,0008</b>	0,004	
Cr	0,0033	0,0019	0,0027	0,0026	<b>0,0033</b>	0,020	
Σ As, Cd, Cr 5.2.7.1.1- KI	0,0073	0,0025	0,0036	0,0045	<b>0,0073</b>	0,035	
Ni 5.2.7.1.1- KII	0,0065	0,0030	0,0044	0,0046	<b>0,0065</b>	0,031	0,5
KI + KII	0,0138	0,0055	0,0080	0,0091	<b>0,0138</b>	0,066	0,5

	Konzentration Mittelwert über 3 h ng/m <sup>3</sup> I-Teq	Massenstrom Mittelwert über 3h µg/h I-Teq	Emissions- begrenzung ng/m <sup>3</sup> I-Teq
PCDD/PCDF gemäß 17. BImSchV			
Messung 1 – 15.10.08	<b>0,084</b>	0,545	0,1
Messung 2 – 16.10.08	<b>0,027</b>	0,178	
Messung 3 – 17.10.08	<b>0,023</b>	0,144	

Die neuen Brenner in der TNV erhalten eine Brenneransteuerung mit Einzelregelung, wodurch die Effizienz der Nachverbrennung deutlich gesteigert wird und einen positiven Einfluss auf die organischen Schadstoffparameter hat. Die bei der behördlichen Abnahmemessung ermittelten Werte für den organischen Kohlenstoff liegen alle unter von 5 mg/m<sup>3</sup> (Grenzwert: 10 mg/m<sup>3</sup>), die Werte für PCDD/PCDF bei 0,025 ng/m<sup>3</sup>, bei einem Viertel der in der TA Luft vorgegeben Grenzwerte.

Nach Aussagen des TÜV Süd wurde kein organischer Kohlenstoff im Abgasstrom gefunden. Der Sauerstoffgehalt hinter der TNV ist aufgrund der Verbrennung sehr gering. Ohne Sauerstoffbezug liegt die Bestimmungsgrenze bei ca. 3 mg/m<sup>3</sup>. Die Messwerte im Messbericht wurden jedoch auf die im Bericht verwendeten 11 % Sauerstoff hochgerechnet, so dass der C-Gehalt allein durch das Berechnen, nicht aber durch die Messung bei < 5 mg/m<sup>3</sup> liegt. Die Messwerte liegen bei allen Messungen unter 2 ppm (siehe nachstehende Tabelle).

**Tabelle 4: Messergebnisse Gesamt-C, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>**

Massenkonzentrationen und Massenströme							Anlage	7
Anlage:		Fassreinigungsanlage		S Resch & Söhne		Projekt: 08/96621234		
Meßstelle:		Reingas		Komponente: <b>Gesamt-C, O<sub>2</sub> CO<sub>2</sub></b>				
Nummer der Messung		1	2	3	4	5	6	
Datum der Messung		15.10.08	15.10.08	15.10.08	15.10.08	15.10.08	15.10.08	
Start	hh,mm	9,15	9,45	10,15	12,05	12,35	13,05	
Ende	hh,mm	9,45	10,15	10,45	12,35	13,05	13,35	
Meßzeit	hh,mm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
Luftdruck	hPa	1013	1013	1013	1013	1013	1013	
Sauerstoffgehalt	Vol.-%	13,9	13,9	14,9	12,8	15,1	14,2	
Kohlendioxidgehalt	Vol.-%	2,5	2,5	2	3,3	1,9	2,3	
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	10500	10500	10500	10500	10500	10500	
Volumenstromfehler	%	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	

Organische Verbindungen, angegeben als Gesamt-C							
Umr. ppm C3 in mg/m <sup>3</sup>	Faktor	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Meßbereichsendwert	ppm	100	100	100	100	100	100
Meßgenauigkeit	%	2	2	2	2	2	2
Meßgenauigkeit	mg/m <sup>3</sup>	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Konzentration (C)	ppm	< 2	< 2	< <2	< 2	< 2	< 2
Konzentration (C)	mg/m <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
C bez. auf 11 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	< 5	< 5	< 5	< 4	< 5	< 5
Massenstrom (E)	kg/h	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
C-Fehler	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
E-Fehler	%	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Konzentration (C)	mg/m <sup>3</sup>	mittel	< 3				
Massenstrom (E)	kg/h	mittel	< 0,03				

bezogen auf 273 K, 1013 hPa und trockenes Abgas

## 5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

### 5.1 Investitionen

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über geplante und tatsächlich getätigte Investitionen für das Projekt. Aufgrund der Tatsache, dass Lackieranlage und Trockentunnel, anders als im Antrag angegeben, komplett erneuert wurden, sind natürlich auch die Investitionskosten gegenüber den ursprünglich angenommenen Kosten, gestiegen.

**Tabelle 5: Übersicht über die Investitionen**

Teilvorhaben	geplant (EUR)	tatsächlich (EUR)
Teilvorhaben A: Material aus eigenen Beständen	22.000	11.800,04
Teilvorhaben B: Anlagentechnik	271.000	354.204,94
Teilvorhaben C: Fremdleistungen	57.000	48.371,72
Teilvorhaben D: Personalaufwand	3.000	
Gesamtausgaben	353.000	414.376,70

### 5.2 Abschätzung der Einsparung

Die Wirtschaftlichkeit wurde bei Antragsstellung auf eine Amortisationszeit von 3,58 Jahre berechnet. Aufgrund der aktuellen Preissteigerung bei fossilen Energieträgern (Erdgas, Heizöl) muss diese Amortisationszeit überprüft werden.

Mittlerweile kann von einem realistischen Heizölpreis von 0,07 € pro kWh ausgegangen werden. Somit werden durch den Wegfall des Heizölbedarfes für den Trockentunnel jährlich Kosten in Höhe von rund 20.650,-€ verhindert.

Weiterhin kann der Erdgaspreis momentan mit 0,06 €/kWh angegeben werden. Wird der spezifische Verbrauch pro Fass des Jahres 2004 hochgerechnet auf die Produktion 2007 verglichen mit dem tatsächlichen Verbrauch 2007, so ergibt sich eine Einsparung von 1.150.512 kWh/a und somit 69.030,-€/a. Addiert man diese beiden Einsparpotenziale, so können jährlich die Energiekosten um 89.680,-€ reduziert werden.

Ein monetärer Wert für die Steigerung der Produktivität wurde nicht angegeben und fließt nicht in die Amortisationsrechnung ein. Jedoch darf man auch diesen wirtschaftlichen Vorteil für ein Unternehmen nicht unterschätzen.

### 5.3 Amortisationszeit

In folgender Tabelle sind zwei Fälle dargestellt. Beispiel A gibt die für den Umbau veranschlagten Investitionskosten wieder, während Beispiel B die tatsächlichen Investitionskosten inklusive neuer Lackieranlage und Trocknung darstellt.

Bei weiterhin steigenden Energiepreisen kann auch die Amortisationsrechnung in Zukunft anders aussehen.

Tabelle 6: Amortisationszeit

	Beispiel A	Beispiel B
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	353.400	414.377
<b>Restwert [€]:</b>	0	0
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	35.340	41.438
<b>Betriebsstoffeinsparung [€]:</b>	89.680	89.680
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	0	0
<b>Saldo Personal [€]:</b>	0	0
<b>Saldo Material [€]:</b>	0	0
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>44.175</b>	<b>51.797</b>
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	0	0
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	45.505	37.883
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>4,4</b>	<b>5,2</b>

## 6. Zusammenfassung

Die Idee zu diesem Projekt entstand während einer PIUS-Untersuchung durch das Beratungsbüro Dipl.-Ing. Roth + Partner (jetzt Effizienzmanagement Roth) mit Unterstützung der Effizienzagentur NRW (EFA NRW).

Die sehr hohen Abgastemperaturen hinter der TNV sollten im Produktionsprozess nutzbar gemacht werden. Dafür wurde die Brennerluft des Ausbrennofens und der TNV mittels eines, der TNV nachgeschalteten Wärmetauschers vorgewärmt.

Weiterhin konnte zusätzlich Wärme für den Betrieb der Fasstrocknung über diesen Wärmetauscher bereitgestellt werden. Dieser Trockentunnel wurde zuvor mit Heizöl auf eine Temperatur von maximal 60 °C beheizt. Höhere Temperaturen waren aufgrund der Technik nicht möglich. Die durch den Wärmetauscher hinter der TNV vorgewärmte Luft hat eine Temperatur von 330 °C, so dass auch im Trockentunnel nun viel höhere Temperaturen bis zu 230 °C gefahren werden können. Das ermöglicht auch den Einsatz von

lösemittelfreien Lacken. Der Wärmebedarf der Fasstrocknung wird komplett mit der Warmluft aus dem Wärmetauscher gedeckt, so dass keine zusätzliche Beheizung auf Heizölbasis nötig ist.

Da nicht immer lösemittelfreie Lacke verwendet werden, wurde zusätzlich die Abluft aus dem Trockentunnel über ein Leitungssystem in den Ausbrennofen geführt, wo die Lösemittlemissionen zum einen als zusätzlicher Brennstoff dienen können; zum anderen werden sie von hier aus mit den Ofenabgasen in die TNV geleitet und dort bei Temperaturen bis 1.000°C vernichtet. Somit gelangen keine Lösemittlemissionen in die Atmosphäre.

Alleine durch die Eliminierung des Heizölbedarfes konnten jährlich 295.000 kWh und somit 82,6 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Der Erdgasbedarf ist um ca. 28% reduziert worden. Rechnet man die spezifischen Verbrauchswerte vor Projektbeginn 2004 und nach Projektbeginn 2007 auf die aktuelle Produktion 2007 hoch, so erreicht man eine Erdgaseinsparung von 1.150.512 kWh/a. Damit einher geht eine Einsparung von rund 232,4 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Insgesamt konnten also 315 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr vermieden werden.

Die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte werden bei allen untersuchten Schadstoffen weit unterschritten.

Aufgrund der Energieeinsparung vermindern sich zudem die laufenden Kosten während der Produktion. Dadurch ist die Firma Resch in der Lage kostengünstiger zu rekonditionieren. Diese Tatsache wiederum kann sich positiv auf das Verhalten der potentiellen Kunden der Firma Resch auswirken, die nun, statt neue Stahlblechfässer einzusetzen, rekonditionierte Fässer verwenden.

Die Nachfrage nach rekonditionierten Fässern kann steigen und auch bedient werden.

Die gute Marktlage und die durch das Projekt gegebene Möglichkeit der Produktivitätssteigerung haben dazu geführt, dass die Firma Resch & Söhne oHG 16 neue Arbeitsplätze geschaffen hat.

## 7. Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage

Wie zuvor beschrieben, hat sich der Erfolg dieses prozessintegrierten Ansatzes in der Praxis nachweisen lassen. Die Anlage steht Interessierten jederzeit, natürlich nach Vereinbarung, zur Besichtigung offen.