

Dirk Hartmann, Leiter Globale Beschichtungstechnologie, Lohmann GmbH & Co. KG, Stefan Gores, Geschäftsbereichsleiter, YIT Germany GmbH

Energier recycling mittels Abluftreinigung

Energy Recycling Using Exhaust Air Treatment

Mit über 70 Jahren «Klebebanderfahrung» ist die Lohmann-Klebebandgruppe heute international einer der bedeutendsten Anbieter von innovativen Klebelösungen. Zum Einsatz kommen die Produkte weltweit im Automobilbau, in der Bau-, Konsumgüter-, Druck- und Elektro- bzw. elektronischen Industrie, in der mobilen Kommunikation, im Hygiene- und im medizinischen Bereich sowie auf dem Gebiet der erneuerbaren Ressourcen. Heute betreibt man acht Beschichtungsanlagen an vier Standorten in Europa, Asien und Amerika. Zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlage für heutige und zukünftige Generationen betreibt das Unternehmen einen aktiven Umweltschutz. Im Sinne der ökonomischen Nachhaltigkeit werden daher auch fortlaufend neue Konzepte zur Energieeffizienzsteigerung entwickelt. Dazu gehört aktuell die Installation einer neuen thermischen Abluftreinigungsanlage am Standort Neuwied.

HISTORIE DER ABLUFTREINIGUNG. Schon 1978 hatte das Unternehmen seine erste Beschichtungsanlage in Betrieb genommen, bei der Abluftreinigung auf modernste Art betrieben wurde. Damals wurde ein Verfahren zur Lösemittelrückgewinnung durch Kondensation installiert, um die Lösemittel dem Stoffkreislauf wieder zuzuführen. Das seinerzeit entwickelte Verfahren mit einem Inertgas-Trockner, ist bis heute Bestandteil des Emissionsschutzes in der Lohmann-Gruppe. Rund 30 % der eingesetzten Lösemittel werden zurückgewonnen, anschließend wieder eingesetzt oder der stofflichen Verwertung zugeführt.

Heute hat die Bedeutung der Vermeidung von Lösemitteln in der Klebstoffbeschichtung weiter zugenommen. Jedoch ist die Rückgewinnung im inerten, geschlossenen Gashaushalt eines Konvektionstrockners nach wie vor ein hervorragendes Verfahren, um fossile Rohstoffe nachhaltig zu verwenden.

Trotzdem lassen sich Emissionen und die damit verbundene Abluftreinigung in der Beschichtungsindustrie nicht vollständig vermeiden. Nach wie vor ist die thermische Abluftreinigung – insbesondere bei häufig wechselnden Lösemittelgemischen und hohen Lösemittelbeladungen ($>10 \text{ g/Nm}^3$) – das bevorzugte Verfahren, um sicher die Grenzwerte der 4. BImSchV und der 31. BImSchV (VOC-Verordnung) einzuhalten.

Bei den in den Jahren 1992–1994 installierten vier Thermischen Nachverbrennungs-Anlagen (TNV) wurde die Trockner-

With over 70 years of «adhesive tapes experience» the Lohmann Adhesive Tapes Group is today one of the most important international providers of innovative adhesive solutions. Its products are used worldwide in automotive manufacturing, in the building and renewable energies, in the consumer goods, printing and electrical or rather in the electronic industries, in mobile communications and in the hygiene and medical sectors and in the area of renewable resources. Today the Group operates eight coating plants at four locations in Europe, Asia and America. To ensure the continued existence of the natural basis for life for the generations of today and tomorrow, the company actively protects the environment. For the purposes of economic sustainability, new concepts for energy efficiency are also continually developed. These currently include installing a new thermal exhaust air treatment facility at the Neuwied location.

THE HISTORY OF EXHAUST AIR TREATMENT. The company started operations with its first coating plant as early as 1978, using the most modern exhaust air treatment equipment. At that time a procedure to recover solvent through condensation was installed in order to feed the solvent back into the material cycle. This in turn developed into a procedure with an inert gas drier, which is still a component of emissions protection in the Lohmann Group. Around 30% of the solvent utilised is recovered and subsequently utilised again or fed into the recycling system.

Today the importance of avoiding solvent in adhesive coating has increased further. However, recovery in the inert, closed gas system of a convection drier is still an outstanding procedure to use fossil raw materials sustainably.

Nevertheless, emissions and the associated exhaust air treatments cannot be avoided completely in the coating industry. Thermal exhaust air treatment – especially when solvent mixtures change frequently and with high solvent loads ($>10 \text{ g/Nm}^3$) – is still the preferred procedure to comply with the thresholds of the 4th BImSchV (German Emissions Protection Regulations) and the 31st BImSchV (VOC regulation).

In the four thermal post combustion systems (TPC) installed between 1992 and 1994, the drier exhaust air was heated to about 750°C in a combustion chamber using a natural gas burner. At these temperature levels, the solvent compounds oxidise to CO_2 and H_2O in an exothermic reaction.

abluft in einer Brennkammer mittels Erdgasbrenner auf ein Temperaturniveau von ca. 750 °C erhitzt. Auf diesem Temperaturniveau oxidieren die Lösemittelverbindungen in einer exotherm verlaufenden Reaktion zu CO₂ und H₂O.

Die so gereinigte heiße Abluft wurde anschließend in einem zweistufigen Rohrbündelwärmeaustauscher für die Vorerwärmung der zu reinigenden Trocknerabluft genutzt. Der Wirkungsgrad des Rohrbündelwärmeaustauschers ist hierbei maßgeblich verantwortlich für die erreichbare Abluftvorwärmung und dem daraus resultierenden, reduzierten Zusatzbrennstoffbedarf in der Brennkammer. Er betrug bei den Bestandsanlagen ca. 65 %. Dieser vergleichsweise geringe Wert war einerseits für den zuvor genannten hohen Zusatzenergiebedarf verantwortlich. Andererseits führte er zu hohen Reingastemperaturen von bis zu 360 °C nach dem Rohrbündelwärmeaustauscher. Das hohe Energieniveau des Reingases wurde anschließend für die Erzeugung von Sattdampf (4,5 bar, 155 °C) in einem nachgeschalteten Dampfkessel mit Economiser genutzt. Die durchschnittliche jährliche Dampfausbeute lag bei ca. 20.000 t/a was einer Wärmeleistung von ca. 12 Mio. kWh/a entspricht.

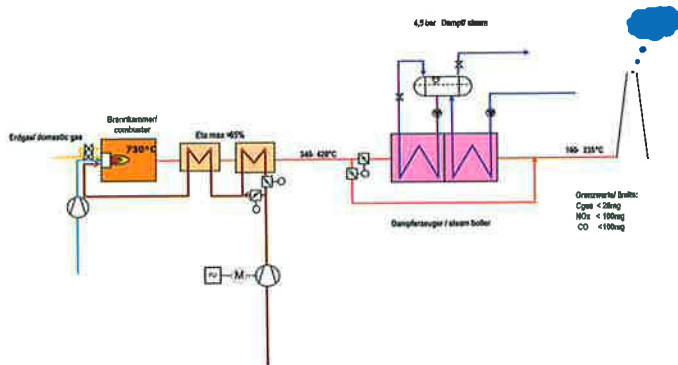


Abb. 2: TNV-Anlage mit Dampferzeugung
Fig. 2: TPC system with steam output

MODERNISIERUNG DER THERMISCHEN ABLUFTREINIGUNG. 2004 wurden am Standort Neuwied vier TNV-Anlagen durch die regenerative thermische Oxidationstechnik sukzessive ersetzt. Grundlage aller Überlegungen war zunächst die Installation einer umfassenden Energieverbrauchserfassung. Hier zeigte sich, dass trotz des zusätzlichen Heizwertes der organischen Lösemittel, der Zusatzbedarf für Erdgas – bezogen auf die erzeugte Dampfmenge an den TNV-Anlagen – mit ca. 1.400 kWh/t doppelt so hoch war, wie im Kesselhaus (ca. 700 kWh/t). Der durchschnittliche Erdgasbedarf der TNV-Anlagen betrug 35 Mio. kWh/a.

Mit der sogenannten regenerativen Nachverbrennung (RTO-Anlage) war 2004 eine Verfahrensvariante der thermischen Abluftreinigung verfügbar, welche die Zuverlässigkeit der TNV-Anlage mit dem hohen Wirkungsgrad eines regenerativen Wärmeaustauschers kombinierte. Schon zu diesem Zeitpunkt konnten mit einer RTO Wärmeaustauscher-Wirkungsgrade von 95 % realisiert werden (vgl. TNV 65 %).

Der hohe Wirkungsgrad führt dazu, dass der autotherme Betriebspunkt bereits bei einer Schadstoffkonzentration von ca. 2 g/Nm³ erreicht wird und die Anlage völlig ohne Zusatzerd-

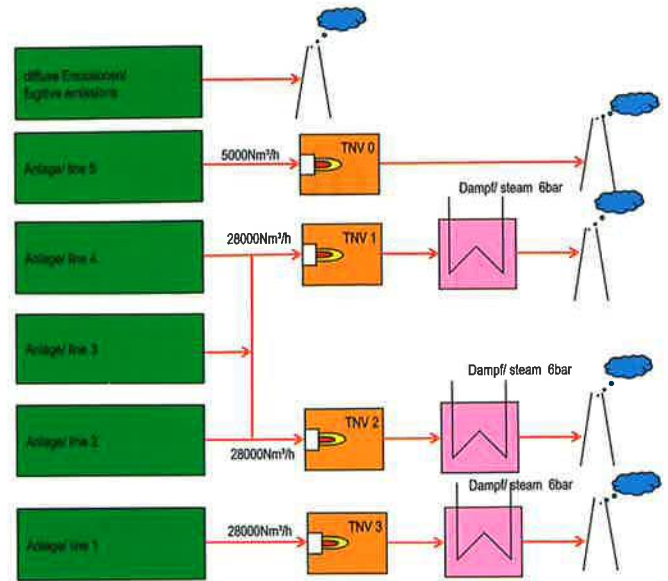


Abb. 1: Abluftreinigung vor Optimierung
Fig. 1: Exhaust air treatment before optimization

The hot exhaust air thus treated was subsequently used in a two-step tubular heat exchanger for pre-heating the drier exhaust air to be treated. Here the efficiency of the tubular heat exchanger is decisive for reaching the exhaust air pre-heating and the resulting reduction in additional fuel needs in the combustion chamber. This efficiency amounted to 65% in the existing facilities. This comparatively low value was responsible for the previously mentioned high need for additional energy. It also led to high treated gas temperatures of up to 360 °C after the tubular heat exchanger. The high energy level of the clean gas was subsequently used to generate saturated steam (4.5bar, 155 °C) in a downstream steam boiler with an economiser. The average annual steam yield was around 20,000t/a, which corresponds to heat output of around 12m kWh/a.

MODERNISATION OF THERMAL EXHAUST AIR TREATMENT. In 2004 the four thermal post-combustion facilities at the location were successively replaced by regenerative thermal oxidation technology. The basis of all the considerations involved was initially the installation of a comprehensive energy consumption recording system. This showed the following. Despite the additional heating value of the organic solvent, the additional need for natural gas – related to the steam quantity generated at the thermal post-combustion facilities – was, at 1400kWh/t, twice as high as in the boiler house (about 700kWh/t). The thermal post-combustion facilities required 35m kWh/a of natural gas. With so-called regenerative thermal oxidation (RTO facility) a procedural variant of thermal exhaust gas treatment was available in 2004 that combined the reliability of the thermal post-combustion facility with the high efficiency of a regenerative heat exchanger. Even at this time an efficiency of 95% was achieved with an RTO heat exchanger (compare thermal post-combustion, 65%).

The high efficiency leads to the autothermic operating point being reached as early as a pollutant concentration of about 2 g/Nm³ and the facility works completely without the need for any additional natural gas. At even higher solvent concentra-

gasbedarf arbeitet. Bei noch höheren Lösemittelkonzentrationen muss zur Vermeidung einer Brennkammerüberhitzung Überschusswärme über einen heißen Bypass abgeleitet werden. Die Konsequenz des verbesserten Wirkungsgrades des regenerativen Wärmeaustauschers ist somit ein drastisch reduzierter Zusatzbrennstoffbedarf gegenüber der TNV-Technik, auch bei Berücksichtigung der Energieausbeute aus der Dampf-erzeugung.

Diese Betrachtung führte dazu, dass drei TNV-Anlagen durch RTO-Anlagen der Firma YIT ersetzt wurden. Der Erdgasbedarf für die Abluftreinigung wurde durch diese Modernisierungsmaßnahmen um ca. 80 % auf nur noch 6,8 Mio. kWh/a reduziert.

WEITERES OPTIMIERUNGSPOTENTIAL. Die Betriebserfahrungen mit den RTO-Anlagen zeigten darüber hinaus Potential für eine weitere energetische Optimierung der Abluftreinigung. Insbesondere konnte durch eine Modifikation des keramischen Wärmeaustauschers in Kombination mit einer steuerungstechnischen Optimierung der Wärmeaustauscherwirkungsgrad weiter gesteigert werden. Ein Problem bei der Energieoptimierung waren die in der Trocknerabluft stark schwankenden Lösemittelkonzentrationen und die variierenden Heizwerte der eingesetzten Lösemittel. Zur Vermeidung von asymmetrischen Beladungszuständen der einzelnen Wärmespeicher wird heute der Energieinhalt der einzelnen Reaktoren messtechnisch erfasst und bei der Berechnung der Umschaltzyklen der Durchströmungsrichtung berücksichtigt. Zusätzlich kann das absolute Niveau der gespeicherten Energie der Wärmeaustauscher durch die geänderte Anlagensteuerung beeinflusst werden. Durch diese Maßnahmen ist heute im Regelbetrieb selbst bei einer temporär niedrigen Lösemittelbeladung eine autotherme Fahrweise ohne Zusatzbrennstoffbedarf möglich.

In einem vorläufig letzten Entwicklungsschritt wurde Ende 2010 die letzte TNV-Anlage am Standort in Neuwied durch eine weitere RTO-Anlage ersetzt. Mit den zuvor genannten Betriebserfahrungen wurde die von Lohmann und YIT gemeinsam geplante, dargestellte Lösung realisiert.

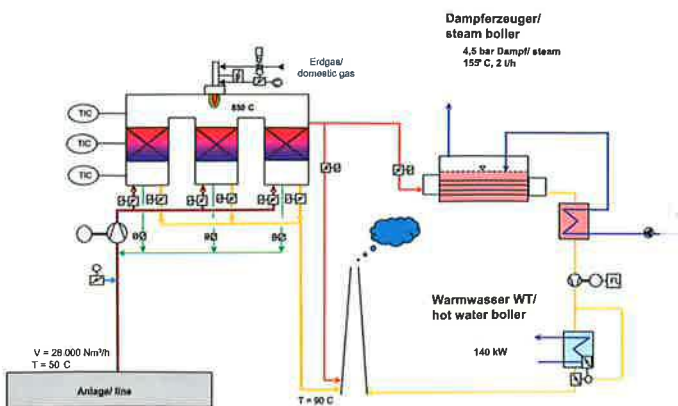


Abb. 4: Neue Lösung: RTO-Anlage mit Dampferzeugung
Fig. 4 New solution: TPC facility with steam generator

Bei dieser RTO-Anlage mit einer Abluftkapazität von 28.000 Nm³/h und einem Wärmeaustauscherwirkungsgrad oberhalb von 98 % wird die verfügbare Überschusswärme über

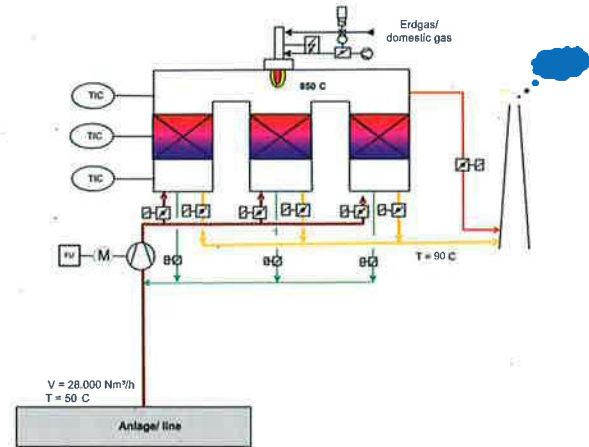


Abb. 3: Vereinfachtes Fließbild einer RTO-Anlage
Fig. 3: Simplified flow chart of an RTO facility

the excessive heat has to be discharged via a heat bypass to avoid overheating in the combustion chamber. The consequence of the improved efficiency of the regenerative heat exchanger is thus a drastically reduced need for additional fuel in comparison with the TPC technology, also when the energy yield from steam is taken into account.

This consideration led to the replacement of three TPC facilities with RTO facilities by YIT. Through these modernisation measures the natural gas needed for exhaust air treatment was reduced by about 80% to only 6.8m kWh/a.

FURTHER OPTIMISATION POTENTIAL. Operating experience with the RTO facilities has shown even more potential for further energy optimisation of exhaust air treatment. In particular, by modifying the ceramic heat exchanger combined with control technology optimisation, heat exchanger efficiency could be further increased. One energy optimisation problem was the highly fluctuating solvent concentrations in the drier exhaust air and the varying heating values of the solvent used. To avoid asymmetric load conditions of the individual heat accumulators, now the energy content of the individual reactors is recorded using measuring technology and is taken into account when calculating the switching cycles of the flow direction. In addition, the absolute level of the energy stored by the heat exchanger can be influenced by the change facility control. Through these measures, an autothermic operation mode is possible without the need for additional fuel in regular operations today, even at a temporarily low solvent load.

In what is provisionally a last development step, at the end of 2010 the last TPC facility at the Neuwied location was replaced by an RTO facility. With the operational experience previously mentioned, the solution presented here that was planned together by Lohmann and YIT was realised.

This RTO facility has an exhaust air capacity of 28,000 Nm³/h and heat exchanger efficiency of over 98%. In this facility the available excess heat is passed through an additional heat bypass into a steam generator. Maximum steam output is about 2t/h. In sub-autothermic facility operations too, hot gas exfiltration for economical steam generation is possible if needed. For this purpose, at 86% the thermal efficiency is at the level of the boiler house.

einen zusätzlichen heißen Bypass in einen Dampferzeuger eingeleitet. Die maximale Dampfleistung beträgt ca. 2 t/h. Auch im unterautothermen Anlagenbetrieb ist im Bedarfsfall eine Heißgasausschleusung zur wirtschaftlichen Dampferzeugung möglich. Die thermischen Wirkungsgrade liegen dabei mit 86 % auf dem Niveau des Kesselhauses.

Da für die Zulufterwärmung an den Trocknern der Produktionsanlage ein weiterer Energiebedarf auf niedrigem Temperaturniveau besteht, wurde nach dem Economiser ein weiterer Warmwasserwärmeaustauscher mit einer Wärmeleistung von 140 kW realisiert. Mit dem vorgestellten Anlagenkonzept ist sichergestellt, dass im Regelbetrieb die Abluftreinigungsanlage ohne Zusatzbrennstoffbedarf arbeitet und darüber hinaus die Lösemittel nahezu vollständig als Energielieferant für die Dampferzeugung genutzt werden können. Die Abgasverluste sind auf Grund des hohen Wärmeaustauscherwirkungsgrades trotz der Lösemittelverbrennung bei ca. 850 °C vernachlässigbar klein. Der prognostizierte Erdgasbedarf der Abluftreinigung für das Jahr 2011 liegt bei ca. 3 Mio. kWh/a.

In Abbildung 5 ist ein energetischer Vergleich der unterschiedlichen Anlagenkonzepte bei einem Abluftvolumenstrom von 28.000 Nm³/h, einer mittleren Schadstoffkonzentration von 6 g/Nm³ und einem Heizwert von 24.000 kJ/kg dargestellt. Bei der Berechnung des Energiebedarfs und der erzeugten Dampfleistung wurde eine 20%tige Maschinenrüstzeit mit lösemittelfreier Abluft berücksichtigt. Trotz der von ca. 1.450 kW auf 700 kW reduzierten Dampfleistung ergibt sich für die RTO-Anlage auf Grund des geringeren Erdgasbedarfs ein energetischer Vorteil von ca. 2.000 kW. Aus dem Vergleich dieser Zahlen ist schnell erkennbar, wie sich mit einer intelligenten Investition in eine Abluftreinigung die Wirtschaftlichkeit einer Produktionsanlage nachhaltig steigern lässt. Mit den vorgestellten Maßnahmen ist es insgesamt gelungen, die im gleichen Zeitraum stattgefundenen Preissteigerung der Energiekosten zu kompensieren.

ENERGIEEFFIZIENT UND KLIMASCHONEND. Die Klebebandgruppe betreibt in vielerlei Hinsicht einen aktiven Umwelt- und Klimaschutz, der über die Einhaltung der einschlägigen Umweltvorschriften und Gesetze hinaus geht. Dazu gehört – wie oben geschildert – auch die nachhaltige Reduzierung des Energieverbrauchs. Durch die effiziente Abluftreinigung wird der Energiebedarf nicht nur erheblich reduziert, sondern gleichzeitig auch der CO₂-Ausstoß minimiert. Und als zusätzlicher Bonus wird die erzielte Emissionsminderung innerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems vermarktet.

Lohmann GmbH & Co. KG,
D-56567 Neuwied,
www.lohmann-tapes.com

YIT Germany GmbH,
D-80992 München,
www.yit.de

Because additional energy is required for heating supply air at the production facility driers at low temperatures, after the economiser an additional hot water heat exchanger with a heat output of 140kW was realised. The facility concept introduced guarantees that the exhaust air treatment facility operates without a need for additional fuel in regular operations and also that the solvent is almost completely used as an energy source for steam generation. Due to the high heat exchanger efficiency, exhaust gas losses are negligibly small, despite solvent combustion at about 850 °C. The forecast natural gas requirements for the exhaust air treatment are about 3m kWh/a for 2011.

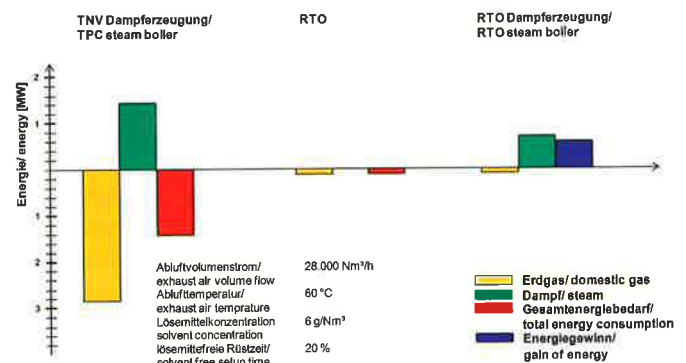


Abb. 5: Energetischer Vergleich der unterschiedlichen Anlagenkonzepte

Fig. 5: Energy comparison of the different facility concepts

Figure 5 shows an energy comparison of the different facility concepts due to the exhaust air volume flow of 28,000Nm³/h, a medial pollutant concentration of 6g/Nm³ and a heat value of 24,000kJ/kg. Concerning the evaluation of the energy demand and the created steam output, a machine setup time of 20 days with solvent-free exhausted air was considered. Notwithstanding the reduced steam output – from approx. 1,450kW to 700 kW – the RTO facility shows an energetic gain of approx. 2,000KW due to the minor demand of domestic gas. When comparing these figures, it is quickly clear how an intelligent investment in exhaust air treatment strongly increases the economic efficiency of a production facility. The measures introduced have succeeded in compensating for the increase in energy prices that occurred over the same period of time.

ENERGY EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY. The adhesive tape group actively protects the environment and climate in many respects, going beyond compliance with the applicable environmental regulations and laws. This also includes – as outlined above – the sustainable reduction of energy consumption and the associated CO₂ emissions. Through efficient exhaust air treatment not only are energy requirements significantly reduced, but simultaneously CO₂ emissions are also minimised. And as an additional bonus, the emissions reduction achieved is marketed within the European emissions trading system.