



Wärmeräder für kühle Rechner

WÄRMETAUSCHER // ENERGIE SPAREN IN DER FARBEN- UND LACKINDUSTRIE
MIT EFFIZIENTEN WÄRMERÜCKGEWINNUNGSSYSTEMEN

Wilfried Stolle und Markus Swierzinski

Regenerative Rotationswärmetauscher gehören zu den effizientesten Wärmerückgewinnungssystemen [1]. Entwickelt für raumluft- und prozessluft-technische Anlagen aller Art – darunter auch in Rechenzentren und auf Kreuzfahrtschiffen – können sie in der Farben- und Lackindustrie in vielen Fällen kostengünstig nachgerüstet werden, denn eine Be- und Entlüftungsanlage ist aus lufthygienischen Gründen meist vorhanden. Die Rückgewinnung von einmal erzeugter Wärmeenergie ist in Zeiten steigender Energiekosten und wachsender Anforderungen im Umweltschutz weltweit auf dem Vormarsch. Auch in Deutschland hat sich der Einbau von Wärmetauschern in Lüftungsanlagen seit Mitte des vergangenen Jahrzehnts erheblich verstärkt. Nach einer Studie des Umwelt-Campus Birkenfeld [2] betrug der Anteil der Wärmerückgewinnung in Nicht-Wohngebäuden mit einer Lüftungsanlage im Jahr 2006 noch etwa 32 Prozent, 2012 waren es bereits 82 Prozent – Tendenz steigend. Mit dem Einsatz eines Wärmetauschers kommen Betreiber in Deutschland zugleich rechtlichen Auflagen nach. Laut § 15 der Energieeinsparverordnung (EnEV) [3] von 2009 muss beim Neubau bzw. bei der Modernisierung von Lüftungsanlagen mit Luftvolumenströmen von mehr als 4.000 Kubikmeter pro Stunde zwingend eine Wärmerückgewinnung vorgesehen werden. Diese Regelung findet sich auch in der Neufassung der EnEV 2014.

Doppelter Nutzen der Lüftungsanlage

Bei der Produktion von Farben und Lacken entsteht verunreinigte Luft. Sie enthält neben Farbpartikeln unter anderem flüchtige organische Komponenten, kurz: VOCs (volatile organic compounds). Um die Gesundheit der Menschen im Gebäude zu schützen und die Qualität der Produktion zu sichern, gilt es, die VOCs zügig aus den Produktionsräumen abzuführen. Bevor die Luft das Gebäude verlässt, muss sie jedoch gereinigt werden. Das verlangen gesetzlich festgelegte Grenzwerte und umweltpolitische Vorgaben. Die Reinigung geschieht in aufwendigen Filteranlagen. Damit die verschmutzte Luft durch die Filteranlage ins Freie gelangen und frische Luft von außen ins Gebäude geführt werden kann, verfügen Betriebe zur Herstellung von Farben und Lacken in der Regel über eine Be- und Entlüftungsanlage. Sie lässt sich nach einer zumeist überschaubaren Um- oder Aufrüstung doppelt nutzen:

- erstens wie beschrieben zum Reinigen der Abluft;
- zweitens, um mit Wärmetauschern Heiz- bzw. Kühlenergie zu sparen, – und damit zum Klimaschutz. →



Abb. 1 // Rotationswärmetauscher (oben)
Abb. 2 // Rotor in Be- und Entlüftungsanlage (unten)

Ergebnisse auf einen Blick

- Wärmetauscher sind in Deutschland bei Luft-Volumenströmen ab 4.000 Kubikmeter pro Stunde vorgeschrieben.
- In der Farben- und Lackindustrie bieten sich Luft-Luft-Wärmetauscher an, weil viele Produktionsstätten mit einer Be- und Entlüftungsanlage ausgestattet sind. Sie ist Voraussetzung für diese Art von Wärmetauschern.
- Für Gebäude der Größe von Produktionsanlagen der Farben- und Lackindustrie eignen sich Wärmeräder. Diese Art von Wärmetauschern kann die größten Luftvolumina verarbeiten.

Tab. // Abluft aus der Lackherstellung/Hallenluft; Auslegung und Kalkulation: Klingenburg

Anlage	12 Rotationswärmetauscher (RWT), Raddurchmesser von 2150 bis 5000mm
Luftstrom	900.000 m ³ /h
Wärmerückgewinnung Rotor	2.740 kW
Jahresstunden Produktion	6.200 h/a (52Wo x 5T x 24h)
Jährliche Wärmerückgewinnung	16.988.000 kWh
Kosten je kWh Gas	0,0329 EUR/kWh (angenommen)
Einsparung pro Jahr	558.905 EUR
Mehrkosten für Ventilator in Lüftungsanlage	
Volumenstrom 1	900.000 m ³ /h
Druckverlust 1	100 Pa
Volumenstrom 2	900.000 m ³ /h
Druckverlust 2	159 Pa
Strombedarf	92,5 kW
Jahresstunden Produktion	6.200 h
Kosten je kWh Strom	0,1395 EUR/kWh (angenommen)
Strom-Mehrkosten	80.003 EUR
Mehrkosten Antriebsmotor Wärmerückgewinnung	
Leistung	0,55 kW
Jahresstunden Produktion	6.200 h
Strom-Mehrkosten	5.708 EUR
Amortisation der Gesamt-Lüftungsanlage	
Kalkulationszinsfuß	4 %
Zinsgewinn pro Jahr	22.356 EUR durch Kosteneinsparung
Wartungskosten	2.000 EUR (angenommen)
Angenommene Investition	625.000 EUR (angenommen)
Amortisationszeit	1,33 Jahre, entspricht rund 16 Monaten

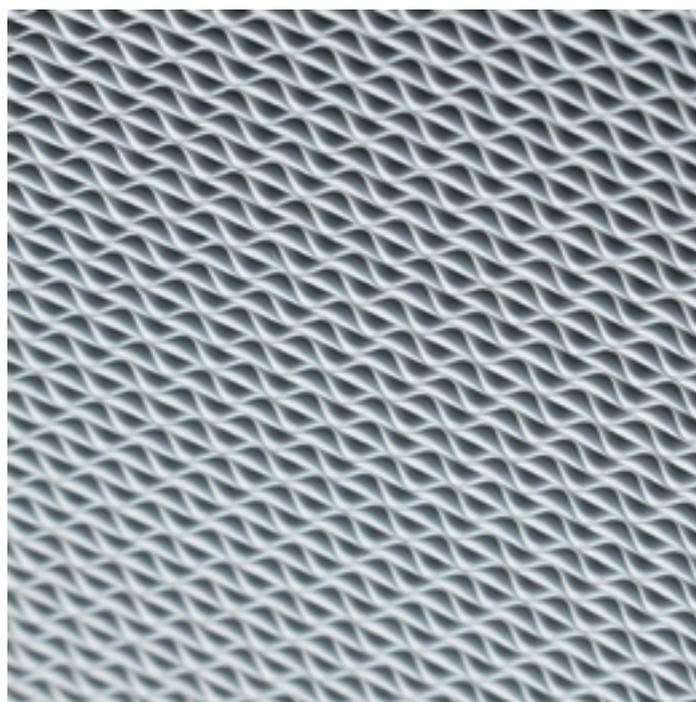


Abb. 3 // Speichermasse eines Rotationswärmetauschers

Um den Doppeleffekt zu erzielen, wird die Anlage mit einem oder mehreren Wärmetauschern vor der VOC-Filteranlage ausgestattet. Sie sichern einen Großteil der Wärme aus der Abluft (Raumwärme), um sie erneut zu nutzen, bevor sie im wahrsten Sinne des Wortes „zum Fenster“ hinaus ist. Die zurück gewonnene Wärme kann für die Beheizung der Produktionsräume selbst genutzt werden oder zum Beispiel auch, um angrenzende Büroräume zu heizen (Abb. 1). Rotationswärmetauscher erzielen in der Einsparung von Heiz- bzw. Kühlenergie Wirkungsgrade von über 70 Prozent.

Das Wärmerad – für alle Luftvolumina

Durch die Nutzung der Be- und Entlüftungsanlage bei der Herstellung von Farben und Lacken kann der Betreiber auf ein Luft-Luft-Wärmetauschersystem zurück greifen. Diese Systeme übertragen die Wärmeenergie der nach außen strömenden Luft (Abluft) auf die einströmende Luft (Zuluft). Wegen der verhältnismäßig großen Luftvolumina, die in einer Produktionsanlage der Farben- und Lackindustrie bewegt werden müssen, eignen sich Rotationswärmetauscher am besten. Solche auch Wärmeräder genannten Komponenten können in der Regel erheblich mehr Luft verarbeiten als ebenfalls für den Luft-Luft-Austausch genutzte Plattenwärmetauscher. Es gilt: Je höher das Luftvolumen, desto wirtschaftlicher wird der Einsatz des Wärmerads. Es kann den thermischen Energiebedarf um bis zu 70 Prozent reduzieren.

Idealerweise werden die Wärmetauscher bei der Konzeption neuer Be- und Entlüftungsanlagen von Anfang an mit eingeplant. Je früher die Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommt, desto früher wird die Be- und Entlüftungsanlage zugleich als Energiespar- und Klimaschutzkomponente genutzt, und desto schneller stellt sich der Amortisationseffekt ein.

Wenn Wärmetauscher in bereits bestehende Be- und Entlüftungsanlagen integriert werden sollen, kann es vorkommen, dass der Planer unter Umständen mit eingeschränkten Platzverhältnissen kalkulieren muss, weil ein Wärmetauscher in der Ursprungsplanung nicht vorgesehen war. Um dennoch einen Einbau zu ermöglichen, ist der Rotationswärmetauscher mit seiner sehr schmalen Bauform die geeignete Wahl. Einige Hersteller bieten darüber hinaus Rotationswärmetauscher millimetergenau in der gewünschten Luftkanalgröße an. Die Fotomontage zeigt einen Rotationswärmetauscher, der aus einer Be- und Entlüftungsanlage herausgezogen ist (Abb. 2).

Funktion des Wärmerads

Ein Rotationswärmetauscher besteht aus dünnen Aluminiumfolien, deren Stärke zwischen 0,07 und 0,12 Millimetern liegt. Stets werden eine glatte und eine gewellte Folie übereinander gewickelt. Dadurch entstehen axiale Kanäle für die Luftströmung. Die abgesaugte Innenraumluft strömt durch eine Rotorhälfte und gibt einen Großteil ihrer Wärme an das Aluminium ab. Die erwärmte Hälfte des Rades dreht sich weiter in den Gegenluftstrom und gibt die Wärme wiederum an die von außen einströmende Zuluft ab. Die auf diese Weise erwärmte Zuluft liefert den Energie-Einspareffekt (Abb. 3). Dabei macht sich das Verfahren die hohe Wärmeleitfähigkeit von Aluminium zunutze.

Der Umfang von Luftmengen und Wärmerädern richtet sich nach der benötigten Wärmeleistung. Die Wärmeräder können von 500 bis zu 8000 Millimeter Durchmesser mit einer Durchströmung von 1.000 bis zu 400.000 Kubikmeter Luft pro Stunde reichen.

Selbstreinigende Wärmetauscher

Durch die gegenläufigen Luftströme und das Drehen des Wärmerads entsteht ein Selbstreinigungseffekt, der leichte Verschmutzungen entfernt. Enthält die Abluft stark anhaftende Inhaltstoffe oder Kleb-

rige Komponenten, die sich an der Speichermasse niederschlagen, kommt ein zweistufiges Reinigungssystem aus Hochdruckwasser und Luft zum Einsatz. Bei laufendem Betrieb der Lüftungsanlage fährt eine Wasserdüse radial auf einer Schiene über das Wärmerad. Anhaftendes Wasser wird gleichzeitig mit Druckluft ausgeblasen. Bei der Rückfahrt des Düsensystems in die Ausgangsstellung ist das Wasser abgeschaltet, während die Druckluft in Betrieb bleibt. Die Wasserreste werden so ausgeblasen (Abb. 4). Ein solches System sorgt dafür, dass die Speichermasse des Wärmerads durchgehend frei ist – das ist wichtig in Produktionsprozessen mit relativ hoher Luftbelastung.

Berechnung des Wirkungsgrads

Wie hoch das Einsparpotenzial eines Rotationswärmetauschers ist, veranschaulicht das Beispiel „Winterfall“ (Abb. 5): Die Außentemperatur liegt bei 0 °C. Die Außenluft wird durch einen Ventilator in die Anlage gesaugt und durch die Speichermasse des Wärmerads geführt. Die Speichermasse hat zuvor im Gegenluftstrom einen Großteil der Wärme der ausströmenden Luft gespeichert und gibt diese nun an die einströmende Luft ab. Mit einer Temperatur von nunmehr 16,3 °C geht die erwärmte Luft in das Gebäude.

Auf der Gegen- bzw. Abluftseite verlässt die abzuführende Raumluft das Gebäude mit 20,0 °C und gibt einen Großteil der Wärme an den Rotationswärmetauscher ab. Mit einer Ablufttemperatur von 3,7 °C verlässt die Abluft das Wärmerad nach draußen. Die erwärmte Hälfte des Wärmetauschers dreht sich weiter in den Zuluftstrom und erwärmt erneut die kalte Außenluft.

Wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen der ins Gebäude einströmenden Luft (16,3 °C) und der das Gebäude verlassenden Luft (20,0 °C) wird also nur noch verhältnismäßig wenig Heizenergie benötigt, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen.

Die thermische Effizienz der Wärmerückgewinnung – also ihre Qualität – wird durch die Rückwärmzahl [4] beschrieben. Sie stellt den Wirkungsgrad des Rotationswärmetauschers dar. Die Rückwärmzahl berechnet sich nach folgender Gleichung:

Mit t_1 = Temperatur der durch Wärmerückgewinnung vorerwärmten Außenluft in °C, t_{AUL} = Temperatur der Außenluft in °C und t_{ABL} = Temperatur der Abluft in °C gilt: Rückwärmzahl $\eta_t = (t_1 - t_{AUL}) / (t_{ABL} - t_{AUL})$

Beim Winterfall-Beispiel ergibt sich mit $t_1 = 16,3$ °C, $t_{AUL} = 0,0$ °C und $t_{ABL} = 20,0$ °C die Rückwärmzahl $\eta_t = (16,3$ °C - 0,0 °C) / w(20,0 °C - 0,0 °C) = 0,815

Die Rückwärmzahl – und damit der Wirkungsgrad des Rotationswärmetauschers – liegt in diesem Fall also bei 81 Prozent.

Wirtschaftlichkeitsberechnung am Beispiel Axalta Coating

Dass sich die Investition in Rotationswärmetauscher in kürzester Zeit amortisieren kann, zeigt die Wirtschaftlichkeitsberechnung am Beispiel der Firma Axalta Coating Systems Germany in Wuppertal: Trotz Investitionskosten von 625.000 Euro in eine Gesamtbelüftungsanlage mit zwölf Wärmerädern und trotz zusätzlichen Energiebedarfs für Ventilatoren amortisiert sich die Investition bereits nach etwa 16 Monaten (Tab.).

Die hohen Wirkungsgrade und die effektiven Reinigungsmöglichkeiten machen den Einsatz von Wärmerädern nicht nur für die Farben- und Lackindustrie, sondern auch für deren industrielle Verarbeitung attraktiv. So wenden schon heute fast alle Automobilhersteller diese Technik in ihren Lackieranlagen an.

Nachhaltiger Beitrag zum Klimaschutz

Wegen der hohen Einsparpotenziale wird Wärmerückgewinnung auch im Klimaschutz immer bedeutender. In unserem Beispiel gewinnt



KREIS-DISSOLVER® KREIS-BASKET-MILL®

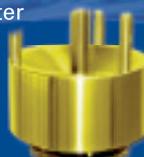
DISPERGIEREN · MISCHEN · FEINMAHLEN

KREIS-DISSOLVER®

- 1 Liter – 15.000 Liter
- 2.2 kW – 315 kW

KREIS-BASKET-MILL®

- 1 Liter – 5.000 Liter
- 2.2 kW – 160 kW



MADE BY NIEMANN
MADE IN GERMANY

WILHELM NIEMANN
MASCHINENFABRIK

DISPERGIER- UND FEINMAHLTECHNIK

www.niemann.de

Axalta durch zwölf Wärmeräder jährlich 16.988 Kilowattstunden Energie zurück. Hätte die eingesparte Energiemenge aus einem Mix aus Stein- und Braunkohle geliefert werden müssen, wären jährlich etwa 6000 Tonnen Kohlendioxid (CO₂) zusätzlich in die Atmosphäre gelangt. Berechnungsgrundlage sind Zahlen der Enquete-Kommission des Bundestags „Schutz der Erdatmosphäre“ von 1994 [5], nach denen der CO₂-Ausstoß bei der Verbrennung von Braunkohle mit 0,4 Kilogramm CO₂ pro erzeugter Kilowattstunde zu veranschlagen ist. Bei Steinkohle ist der Faktor 0,33. Selbst mit dem weniger klimaschädlichen Erdgas (Faktor 0,2) läge der Einspareffekt noch immer bei etwa 3400 Tonnen des Treibhausgases.

Zusammenfassung

Mit moderner Energierückgewinnung lassen sich die Kosten für Heiz- und Kühlenergie in Produktionsprozessen massiv senken. Gleichzeitig trägt sie nachhaltig zum Klimaschutz bei, weil bereits vorhandene Wärme bzw. Kälte mehrfach genutzt wird. Daher sind Wärmetauscher in Deutschland schon ab Luft-Volumenströmen ab 4.000 Kubikmeter pro Stunde vorgeschrieben. Besonders in der Farben- und Lackindustrie bietet sich der Einsatz von Luft-Luft-Wärmetauschern an, weil viele Produktionsstätten aufgrund abzuführender VOCs ohnehin mit einer Be- und Entlüftungsanlage ausgestattet sind, die Voraussetzung für dieses Verfahren ist. Für Gebäude der Größe von Produktionsanlagen der Farben- und Lackindustrie eignet sich besonders der Einsatz von Wärmerädern, da diese Wärmetauscher die größten Luftvolumina verarbeiten können. Ihr Wirkungsgrad ist so hoch, dass sich die Investition schon in gut anderthalb Jahren amortisiert haben kann, der Energie-Einspareffekt dauert darüber hinaus an.

Literatur

- [1] *Stahl, M.*: Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen. Beitrag in cci Wissensportal (www.cci-dialog.de/wissensportal/technikwissen/raumluftechnik/waermerueckgewinnung/grundlagen_waermerueckgewinnung.html) cci Dialog GmbH, 23. Februar 2013.
Stahl, M.: Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen – Vergleich verschiedener regenera-

tiver und rekuperativer Wärmerückgewinnungssysteme bezüglich Investitionskosten, Rückgewinnungsleistung, Luftvolumenstrom, Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeiten. Beitrag in cci Wissensportal (www.cci-dialog.de/wissensportal/technikwissen/raumluftechnik/waermerueckgewinnung/f14199_wrg_enev_rlt.html) cci Dialog GmbH, 16. Februar 2011.

- [2] *Kampeis, P.; Knaup, C.*: Studie zum Beitrag und Anteil der Wärmerückgewinnung aus zentralen Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Nicht-Wohngebäuden, Umwelt-Campus Birkenfeld, Birkenfeld 2013.
- [3] Energieeinsparverordnung (EnEV): Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; www.gesetze-im-internet.de/enev_2007/index.html.
- [4] Verein Deutscher Ingenieure (VDI), VDI-Richtlinie 3803, Blatt 5, „Raumluftechnik, Geräteanforderungen; Wärmerückgewinnungssysteme“ (VDI-Lüftungsregeln), Beuth Verlag, Berlin 2013.
 Verein Deutscher Ingenieure (VDI), VDI-Richtlinie 2071, „Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen“, Beuth Verlag, Berlin 1997.
- [5] Enquete Kommission des Deutschen Bundestags: „Schutz der Erdatmosphäre“, Schlussbericht, Bonn 1994.
Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, E.-R. (Hrsg.): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 13/14, München, 76. Auflage 2012.
Baumgart, S.; Hörner, B.; Reeker, J. (Hrsg.): Handbuch der Klimatechnik, Band 1 – 3, 5., überarbeitete und erweiterte Aufl., Berlin 2011.

Markus Swierzinski,

Jahrgang 1975, ist Diplomingenieur für Maschinenbau mit Schwerpunkt Konstruktion. Nach seinem Studium an der Ruhruniversität Bochum arbeitete er u.a. bei der Hofer Hochdrucktechnik GmbH in Mülheim. Seit 2008 ist er Vertriebsingenieur bei der Klingenburg GmbH in Gladbeck.



Wilfried Stolle,

Jahrgang 1958, ist als gelernter Betriebswirtschaftler seit 1995 für die Klingenburg GmbH für Energierückgewinnung in Gladbeck tätig. Er ist Vertriebsleiter für Deutschland und für die Automobilindustrie.

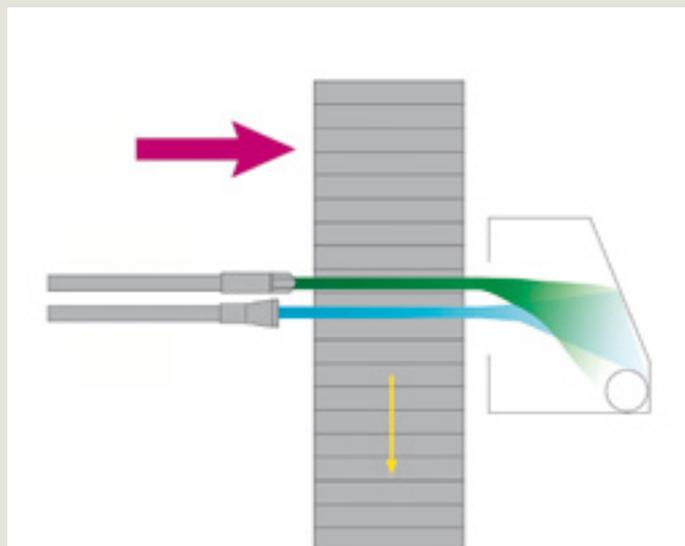


Abb. 4 // Wasser-Luft-Reinigung

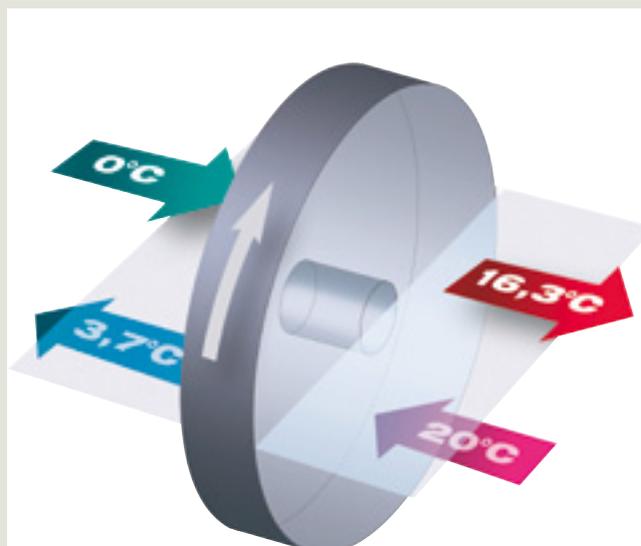


Abb. 5 // Beispiel für die Austauschleistung eines Rotationswärmetauschers; Grafik und Auslegungs-Berechnung: Klingenburg



WILFRIED STOLLE
Klingenburg GmbH

Bezugsgröße: Luftmenge

INTERVIEW // EINFÜHRUNG VON WÄRMERÄDERN IN DEN PRODUKTIONSPROZESS

Für Produktionsanlagen ab welcher Größenordnung lohnt sich die Installation?

Bezugsgröße hier sollte die Luftmenge sein. Sie ist jedoch nicht das einzige Kriterium, ob etwas sich lohnt oder nicht. Rotoren sollten ab ca. 8.000m³/h Luftvolumen bevorzugt werden, darunter sind Plattenwärmetauscher zu empfehlen. Von entscheidender Bedeutung sind darüber hinaus die Betriebszeiten der Anlage, die aktuellen Bezugspreise für Wärme, Strom und Wasser und die Anforderung an Rückbefeuchtung. Eine Pauschalbewertung kann man so nicht abgeben.

Wie aufwändig ist die Einführung von Wärmerädern in den Produktionsprozess?

Wie bei Frage 1 kann man das nicht pauschalieren. Im Allgemeinen liegen die Amortisationszeiten bei unter drei Jahren.

In welchen Fällen ist die Nachrüstung nicht empfehlenswert?

Sie ist dann nicht empfehlenswert, wenn erforderliche Umbaumaßnahmen, Kanalschlüsse, Durchbrüche und Verrohrungsänderungen die Investition signifikant belasten würden. Weiterhin dann nicht, wenn die geplante Nutzungsdauer der Anlage begrenzt ist und fünf Jahre nicht überschreitet.

// Kontakt: aklingenburg@klingenburg.de
Das Interview führte Kirsten Wrede

FARBEUNDLACK // LIVE

Mehr Informationen und Daten zum Fokusthema **Produktionstechnik** erhalten Sie beim kostenfreien Live-Vortrag von Wilfried Stolle, Klingenburg GmbH, am 12. November 2014 um 11 Uhr bei **FARBEUNDLACK // LIVE** unter www.farbeundlack.de/live. Wir freuen uns auf Sie!



vollrath

Wanddissolver bis 45 kW und Zone 0

- Frequenzumformertechnik
- optional: effiziente Mischwerkzeuge
- Dissolver-Sogscheibe
- Schnellwechselkupplung
- leichtgängige Höhenverstellung
manuell oder automatisch



Wanddissolver Typ VDWG 15



Serienfertigung nach
Richtlinie 94/9/EG (ATEX)
für Zone 0, 1, 2, 20, 21, 22

Komplettlösungen

- Vollrath-Maschinen
- + Steuerungstechnik
 - + Behälter
 - + Wiegetechnik

Dissolver
Perlmühlen
Mischer
Rührwerke

VOLLRATH GMBH
Max-Planck-Straße 13 · 50354 Hürth · Germany
Tel. +49 (0) 22 33 / 79 89 - 0 · Fax +49 (0) 22 33 / 79 89 - 39
info@vollrath-huerth.de · www.vollrath-huerth.de