AKTIVES ENERGIEMANAGEMENT IN DER LACKIERTECHNIK – MASSNAHMEN UND BEST-PRACTICE-BEISPIELE

Wolfgang Klein

Aktives Energiemanagement in der Lackiertechnik – Maßnahmen und Best-Practice-Beispiele

Dipl.-Ing. Wolfgang Klein

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Abteilung Lackiertechnik

Tel: 0711 – 970 – 1757
Email: wolfgang.klein@ipa.fraunhofer.de

Motivation: Energieeffizienz in der Lackiertechnik

Extrem hoher Energieaufwand beim Lackieren

- ca. 50 % des gesamten Energieeinsatzes zur Herstellung von Produkten entfallen auf das Lackieren
- ca. 10-15 % der Lackierkosten sind Energiekosten
- Beispiel: Mit der jährlichen Wärmeenergie für die Belüftung von 1 m^2 Spritzkabinenfläche von ca. 46.000 kWh können mehrere Einfamilienhäuser beheizt werden
  (3-Schichtbetrieb, Befeuchtung auf 65 % rel. Luftfeuchte)
- Karosserieherstellung in der Automobilindustrie:

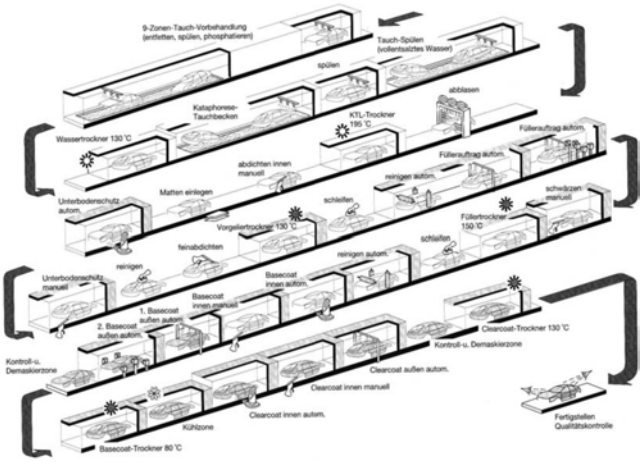
Produktionsbereich	Strom (ca.)	Wärme (ca.)
Lackierung	45 %	85 %
Rohbau	35 %	8 %
Montage	20 %	7 %

Quelle: Vortrag DFO-Tagung, 2006

Gründe zur Energieeffizienz in der Lackiertechnik

Mehrfaches Aufheizen einer Karosserie:

1.	Spritzvorbehandlung	60 °C
2.	Haftwassertrocknung	130 °C
3.	KTL-Trocknung	195 °C
4.	Vorgeliertrocknung	130 °C
5.	Füllertrocknung	150 °C
6.	Basecoat-Trockner	80 °C
7.	Clearcoat-Trockner	130 °C



Begrenzende Faktoren zur Energieeinsparung

- Gesetzliche Anforderungen an Arbeitssicherheit und Umweltschutz
  - VOC-Verordnung (31. Bundesimmissionsschutzverordnung)
  - Betriebssicherheitsverordnung
  - Begrenzung der Reduzierung von Luftmengen oder Prozesstemperaturen hinsichtlich
    - Explosionsschutz (Mindest-Frischluftstrom)
    - Arbeitsschutz (Mindest-Luftsinkgeschwindigkeit)

- Prozess- und Beschichtungsqualität
  - Vermeidung erhöhter Ausschuss- und Nacharbeitsquoten
  - Vermeidung erhöhter Anlagenverschmutzung
  - Vermeidung verkürzter Reinigungs- und Wartungsintervalle

Kennen Sie Ihren Energieverbrauch?

Wichtig: Zuordnung der Energieverbrauchswerte!

Thermische Energie (aus Erdgas oder Heizöl)

- Erwärmung flüssiger Medien (z.B. Vorbehandlung)
- Erwärmung der Zuluft von Spritzkabinen
- Beheizung von Trocknern, Verbrennung von Lösemitteln

☞ Stellen Sie den zeitlichen Verlauf des Energiebedarfs fest, z.B. durch Zähler für Gas-, Ölmengen sowie Betriebsstunden

Elektrische Energie

- Antrieb für Pumpen, Ventilatoren, Druckluftkompressoren, Fördererantriebe
- Beleuchtung
- Bei ETL-Anlagen für Lackabscheidung

☞ Energieverbrauchsdaten können Sie aus Nennleistungen, Durchschnittsleistungen und Betriebszeiten entnehmen

Alternative: Fraunhofer IPA mit Analyse beauftragen!

Identifizierung von Energietreibern durch Momentaufnahme

Stromzange (1phasig)

Quelle: PCE

Leistungsmessgerät (3- bzw. 4-phasig)

Quelle: PCE

Typenschild

Wärmebildkamera

Quelle: Raytec

Flügelradanemometer

Quelle: Höntzsch

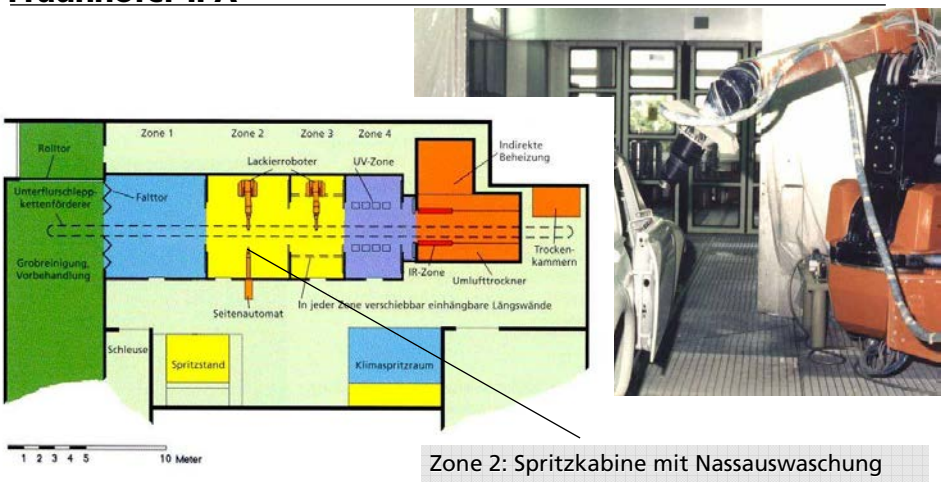
Berührungslose Temperaturmessung

Quelle: Raytec

Diagnose des Energieverbrauchs: IST-Zustandsaufnahme

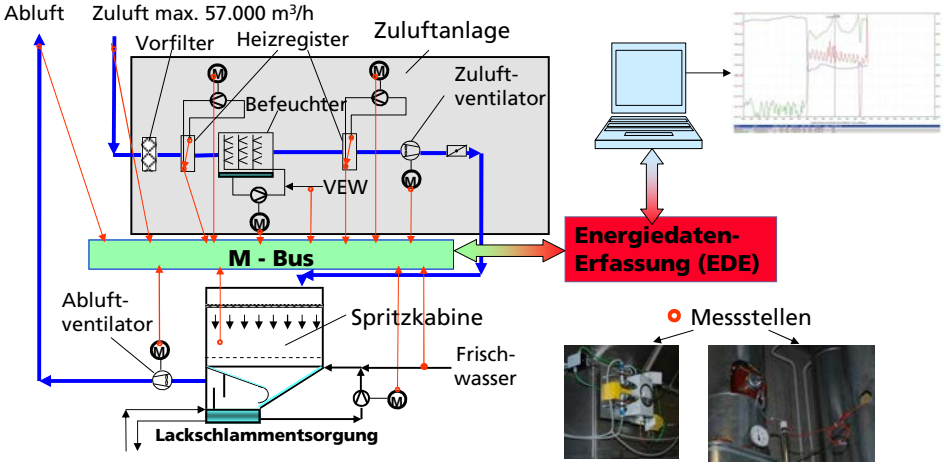
- Erfassung der Betriebszustände
- Temporäre Messungen des Energieverbrauchs von Heizeinrichtungen und Antrieben
- Temporäre Messungen der Energieverluste (Abluft, Abgas, Schleusen)
- Momentaufnahme der Produktionsleistung (Massen-, Flächendurchsatz)
- Erfassung von installierten Energieeinsparungs-Maßnahmen (Wärmerad, Frequenzumformer)

Auswahl für Monitoringsystem: Lackiertechnikum am Fraunhofer IPA

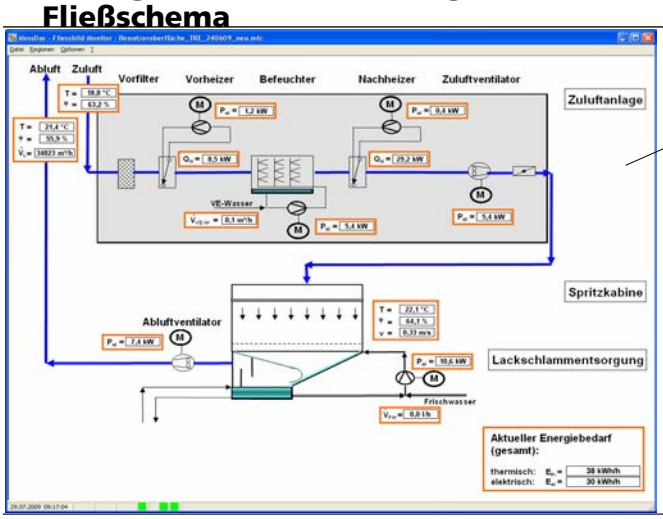


Zone 2: Spritzkabine mit Nassauswaschung

Einbau des Monitoringsystems



Erfassung von aktuellen Energieverbrauchswerten im Fließschema

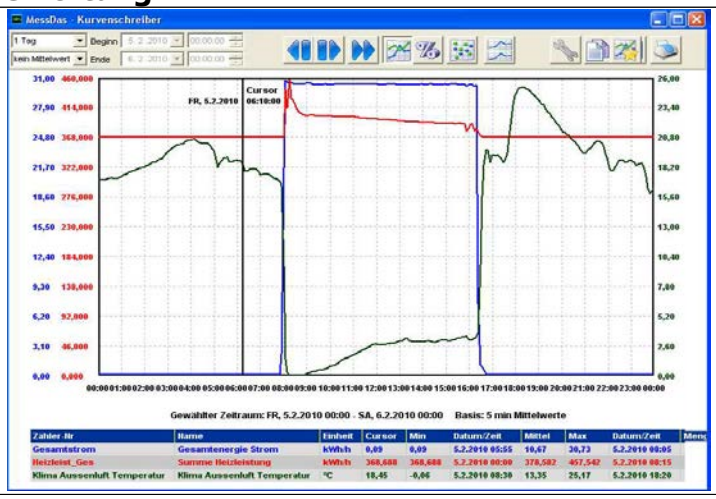


Screenshot

TEEM Total Energy Efficiency Management

Fraunhofer IPA

Verlauf ausgewählter Energieverbrauchswerte für weitere Auswertung



TEEM Total Energy Efficiency Management

Fraunhofer IPA

Ableitung von Optimierungsmaßnahmen aus dem Monitoring

- Bewertung von Einsparungen nach Umrüstungsmaßnahmen (Einbau von Rückgewinnungssystemen, wie Wärmetauscher usw.) über definierte Zeiträume, bisher erfolgte die Bewertung nur auf der Basis von Momentaufnahmen
  - Überprüfung von Herstellerangaben zu garantierten Wirkungsgraden
  - Gesicherte Aussagen über die Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeit, CO_2-Minderung, ROI usw.)
  - Feststellung von Wärmequellen und –senken zur Auslegung von Rückgewinnungssystemen

- Auswirkung von Abschaltung oder „Standby-Schaltung“ in Betriebspausen
  - Energieverbrauch für Aufheizvorgänge
  - Stabilisierung von Prozessparametern

Ableitung von Optimierungsmaßnahmen aus dem Monitoring

- Gewinnung von produktbezogenen Energieverbrauchswerten als Ergänzung zu bisherigen Produktionsdaten als Datenbasis für Optimierungen
  - Senkung des Energiebedarfs durch optimierte Anlagensteuerung
  - Anpassung der Energieaufnahme an die aktuell geforderte Leistung (konkret: Kopplung Trocknerabluftmenge an die SPS der Lackieranlage, frequenzgeregelte Steuerung elektrischer Antriebe)
  - Optimierte Auftragssteuerung (Bildung von Auftragsblöcken zur Vermeidung von Leerläufen)
  - Zeitversetztes Anfahren von Anlagenkomponenten (z.B. Anfahren von Waschmaschinen und Trockner erst, wenn Teile anfallen)
  - Verifizierung von Energieverbrauchsmengen pro beschichtetes Teil (für Ökobilanz und Kalkulation)

Ableitung von Optimierungsmaßnahmen aus dem Monitoring

- Analyse der Verbrauchsstruktur an der Spritzkabine Zone 2
  - Trotz hoher Außentemperatur schaltet das Nachheizregister ein
  - Ursache ist die Regelung des Spritzkabinenklimas über den Taupunkt
  - Berechnungen mit Hilfe des Hx-Diagramms ergaben, dass durch eine Regelung der Befeuchtung eine Energieersparnis von mindestens 6,2 % erreicht wird
  - Die Kosten für eine Umrüstung der Steuerung wird auf ca. € 6.000,-, die Einsparung auf ca. € 1.500,-/a geschätzt

Auswirkung von Optimierungsmaßnahmen auf den Energieverbrauch

Maßnahme	Voraussetzung	Energieeinsparung
Reduzierung der Zulufttemperatur von 22 °C auf 20 °C	Erweiterung des Prozessfensters von Lacksystemen	9 % thermisch
Reduzierung der rel. Luftfeuchtigkeit von 60 % auf 40%	Erweiterung des Prozessfensters von Wasserlacksystemen	19 % thermisch
Reduzierung der Luftsinkgeschwindigkeit von 0,5 auf 0,3 m/s	Einsatz von Overspray reduzierte Lackapplikationsverfahren	40 % thermisch 35 % elektrisch
Einsatz von eff1-Motoren	Umrüstung	8 % elektrisch
Einsatz eines Wärmerads zur Zuluftvorwärmung	Nutzung der Abluftwärme zur Vorheizung der Zuluft	60 % thermisch -10 % elektrisch (Mehrverbrauch)
Umrüstung auf eine Umluftanlage	Derzeit werden neue Trockenabscheidungssysteme entwickelt, wodurch der Umluftbetrieb wirtschaftlich wird.	80 % thermisch

Praxisbeispiel 1: Umsetzung neuer Energiesparmaßnahmen bei einem Lohnbeschichter

Ausgangssituation und Aufgabe

- Ungleichmäßige Beladung der Vorbehandlungs- und Beschichtungsanlagen mit ständig wechselndem, aber zu hohem Energieverbrauch
- Ziel der Einsparung: Reduzierung des Energieverbrauchs um 30 %
- Einsatz von neuen Maßnahmen (mit öffentl. Förderung für CO_2-Reduzierung)
- Bewertung der Maßnahmen durch Momentaufnahmen und Rechenmodelle, Monitoringsystem war noch nicht einsatzbereit

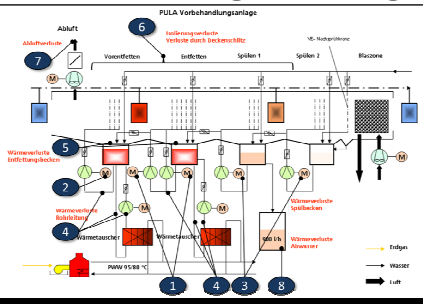
Anlagenbeschreibung

- 3-Zonen-Durchlauf-Waschmaschine (Schleppkettenantrieb)
- Haftwassertrockner
- Handpulverstand (Handschiebebahn)
- Kammertrockner (Handschiebebahn)

Praxisbeispiel 1: Umsetzung neuer Energiesparmaßnahmen bei einem Lohnbeschichter

Anlagenteil	Maßnahmen	Auswirkung auf Energieeinsparung	Energieeinsparung (MWh/a)	Minderung CO_2-Emission
Spritz-vorbehandlung	Frequenzregelung für Motoren der Spritzpumpen	Ersatz der Energie vernichtenden Drosselklappen durch Drehzahlregelung der Pumpen	13,2	8,5
Haftwasser-trockner	Einbau von Luftschleusen	Reduzierung von Wärmeverlusten an den Materialöffnungen	117,7	34
	Lichtschrankengesteuerte Öffnung der Schiebetore		49,4	9,3
	Verlängerung des Trockners und damit der Trocknungszeit	Reduzierung der Betriebstemperatur von 140 °C auf 120 °C	20,9	6,9
	Wärmerückgewinnung aus dem Brennerabgas (Heizöl)	Rückgewinnung der Wärme durch Luft-/Wasser-Wärmetauscher zur Einspeisung in der Rücklauf der Badbeheizung für die Vorbehandlung	24,9	8,2
Aushärteofen	Wärmebox für Rückgewinnung der Werkstückwärme nach der Aushärtung		ca. 8	ca. 2,6
	Wärmerückgewinnung aus dem Brennerabgas (Heizöl)		39,2	13,1
Summe			**274,0**	**82,6**

Praxisbeispiel 2: Hilfe zur Selbsthilfe in einem Konzern - Leitfaden zur Umsetzung der Energieeffizienz



	Komponente	Funktion	Meßwert / Indiz		Beschreibung der Maßnahme	Bewertung		
Reinigung								
	elektrisch					Nutzen	Invest	Risiko
1	Umwälzpumpe Entfettung	Pumpe	Installierte Leistung 2x15kW – Gemessene Leistung 2x4kW		Sofort Umklemmen auf Sternschaltung (Wirkungsgradsteigerung)			
					Austausch mit hocheffizienten Motoren / Pumpen und angepasster Nennleistung			
2	Umwälzpumpe Vorentfetten	Pumpe	Installierte Leistung 11kW – Gemessene Leistung 5,7kW		Austausch mit hocheffizienten Motoren / Pumpen und angepasster Nennleistung			
3	Umwälzpumpe Spülen 1 und 2	Pumpe	Installierte Leistung 11kW – Gemessene Leistung 4,8kW		Austausch mit hocheffizienten Motoren / Pumpen und angepasster Nennleistung			
	thermisch							
4	Vor- und Rücklauf der Vor- /Entfettung	Isolierung	Rohrleitungen sind nicht isoliert, Temperaturniveau 50-55 °C	klick	Nachträgliche Isolierung nötig!			
5	Badabdeckung und Behälteroberfläche	Isolierung	Nicht isolierte Badabdeckungen bzw. Behälteroberseite (Temperatur 42-49 °C)	klick	Nachträgliche Isolierung zu empfehlen!			

Excel-Sheet Maßnahmen Reinigung

Ressourcen-/Energieeffizienz bei der Planung

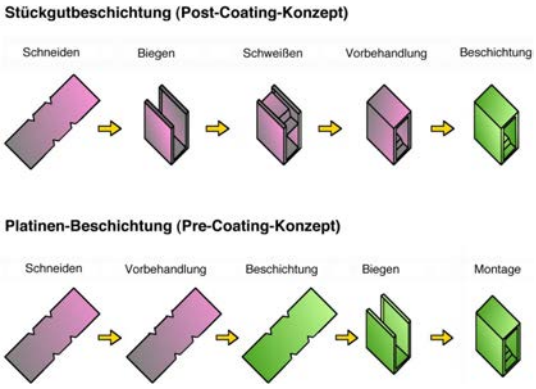
Anwendung des VDMA Einheitsblatts 24 378 bei der Neuplanung von Lackieranlagen

- Einheitliche und anlagenspezifische Berechnungshilfe für die Prognose des Energieverbrauchs von Lackieranlagen
- Berücksichtigung der Interessen von Anlagenanbietern /-betreibern
- Berücksichtigung/Einbindung der Einflussfaktoren der Energieeffizienz in die Verkaufsverhandlungen
- Detaillierte und vergleichbare Prognose des Energieverbrauchs der angebotenen Anlagenkonzepte
- Berücksichtigung des Anteils einzelner Betriebszustände an der Gesamtbetriebszeit (z.B. Referenzbetrieb / Teillast / Volllast / Stand-by)
- Berücksichtigung des Energieverbrauchs als Teil der Lebenszykluskosten einer Anlage bei der Betrachtung der Gesamtkosten

Neue Entwicklungen: Pulver-Precoating

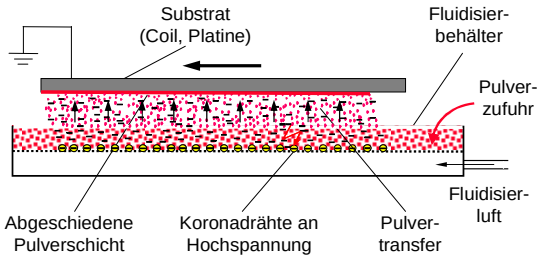
Höhere Produktivität gegenüber Stückgut-Pulverbeschichtung

- Weniger Energie-, Chemikalien- und Wasserverbrauch
- Platzsparende Anlage
- Hoher Flächendurchsatz
- Beschichtung in einem Schritt
- Weniger Überbeschichtung
- Weniger Overspray im Kreislauf
- Geringerer Personalaufwand

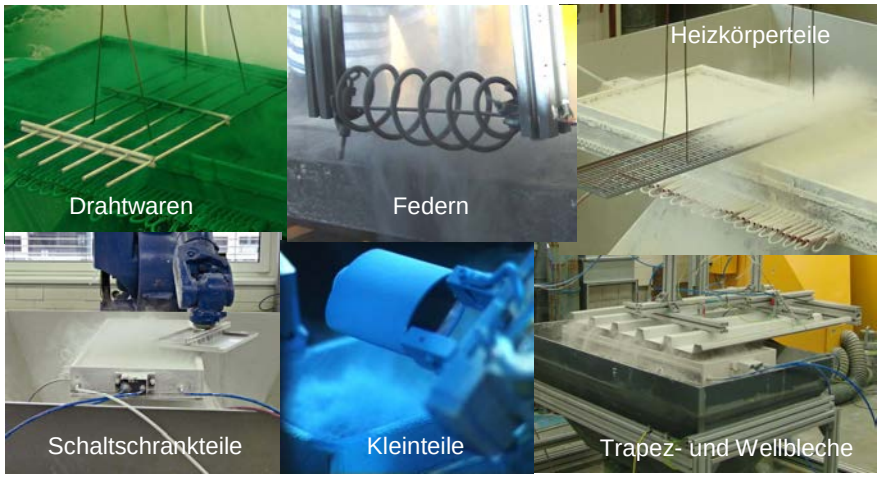


Pistolenlose TransApp-Technik für eine energieeffiziente Pulverbeschichtung

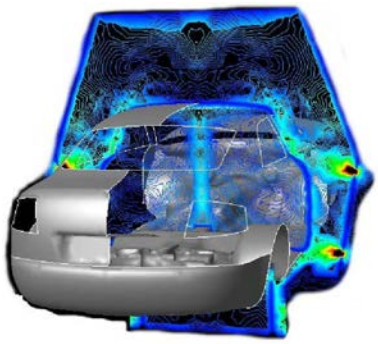
- Druckluftverbrauch ca. 1/3 einer vergleichbaren EPS-Anlage mit Pistolen
- Absaugleistung weniger als 1/3 einer vergleichbaren EPS-Anlage mit Pistolen
- Extrem kompakte Anlagentechnik
- Fördergeschwindigkeit bis > 2 m/s möglich
- Gleichmäßige Schichtdicken (keine Lackierbahnüberlappung)
- Hohe Flexibilität bezüglich Pulverlackeigenschaften (Dünnschichtpulver möglich)



Pistolenlose Pulverbeschichtung von 3-D-Teilen (Beispiele)

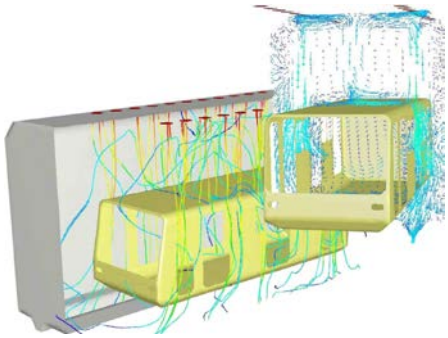


Reduzierung des Energieverbrauchs durch Strömungssimulation



Strömungsfeld bei der Umluft-Lacktrocknung

Luft- und Sprayströmungen in Lackierkabinen

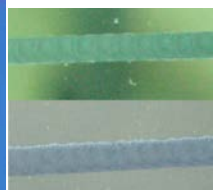


Senkung des Energieeinsatzes bei der Applikation

Visionäre Ansätze zur Ressourcen- / Energieeffizienz in der Lackiertechnik

- Verlustarme/ -freie Verfahren zur Oberflächenbehandlung
- Vision:
  Beschichtungsverfahren mit „100 %“ Auftragswirkungsgrad, dadurch deutliche Reduzierung des peripheren, anlagentechnischen Aufwands
- Drastische Vereinfachung/Verkürzung der Prozesse bzw. der Prozesskette beim Lackieren

Z.B.
Piezo-Ventile für selektive Beschichtungen



Nutzen durch ressourcen-/energieeffiziente Produktion

- **Wirtschaftlichkeit:**
  - Einsparung an Betriebskosten
  - Verbesserung der Prozesssicherheit
  - Senkung der Lackfehlerrate und Nacharbeit
- **Umweltschutz:**
  - Verringerung der Emissionen zum Klimaschutz (CO2, VOC)
  - Reduzierung des Entsorgungsaufwands (Sonderabfälle, Abwasser)

Fraunhofer
IPA

ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRODUKTION

WERKZEUGE, METHODEN UND BEST-PRACTICE-BEISPIELE ZUR NACHHALTIGEN SENKUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS IN DER PRODUKTION

Fraunhofer IPA Tagung
22. Mai 2012
Stuttgart