
Industrielle Lackieranlagen nachhaltig planen und energetisch optimieren

Dipl.-Ing. Wolfgang Klein

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Abteilung Lackiertechnik

Tel: 0711 – 970 – 1757

Email: wolfgang.klein@ipa.fraunhofer.de



ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

Seite 1

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 m² 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 %

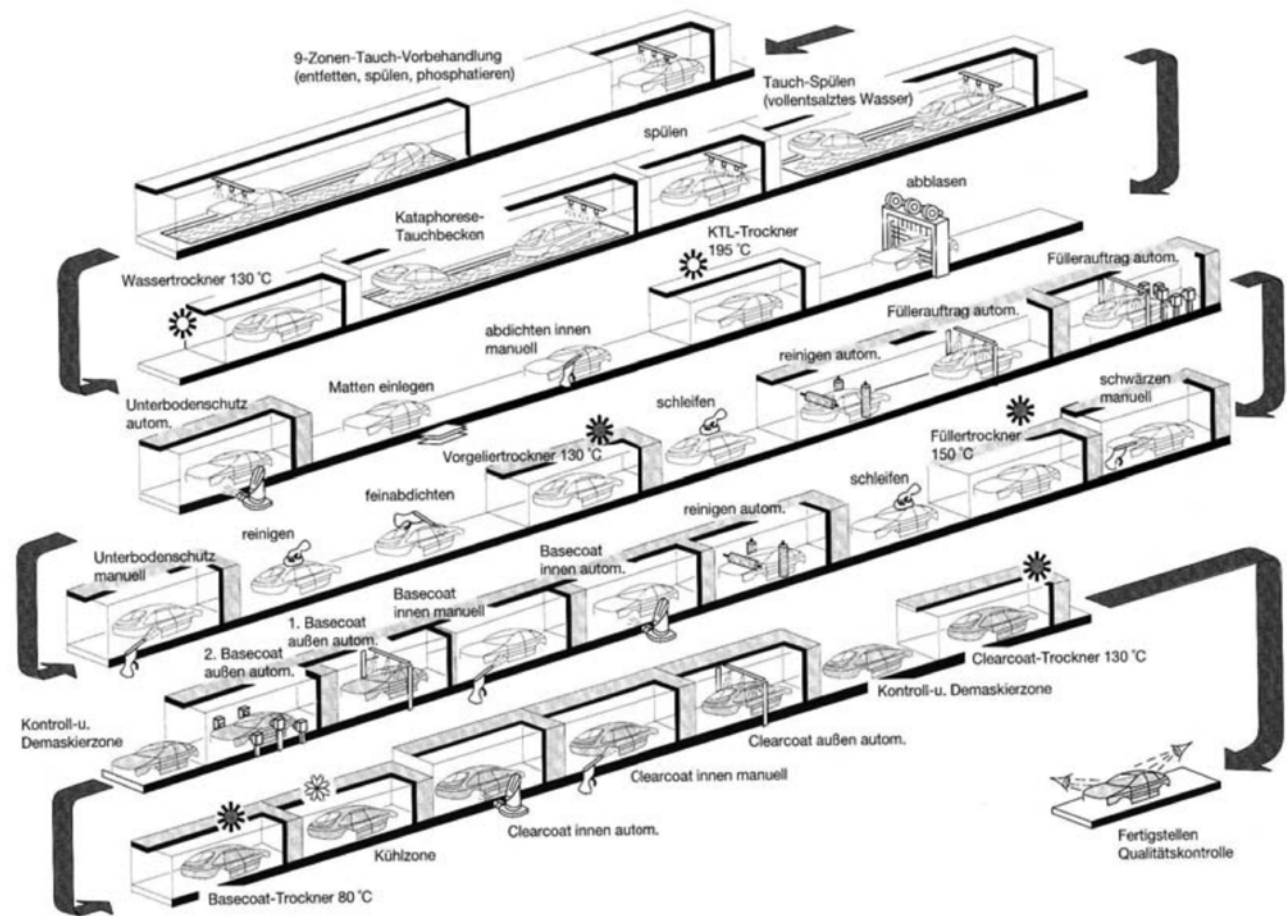
Quelle: Vortrag DFO-Tagung, 2006



Gründe zur Energieeffizienz in der Lackiertechnik

Mehrfaches Aufheizen einer Karosserie:

1. Spritzvorbehandlung 60 °C
2. Haftwassertrocknung 130 °C
3. KTL-Trocknung 195 °C
4. Vorgelietrocknung 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-Frischlufstrom)
 - 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!



ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

Identifizierung von Energietreibern durch Momentaufnahme

Stromzange
(1phasig)



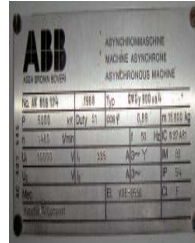
Quelle: PCE

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)

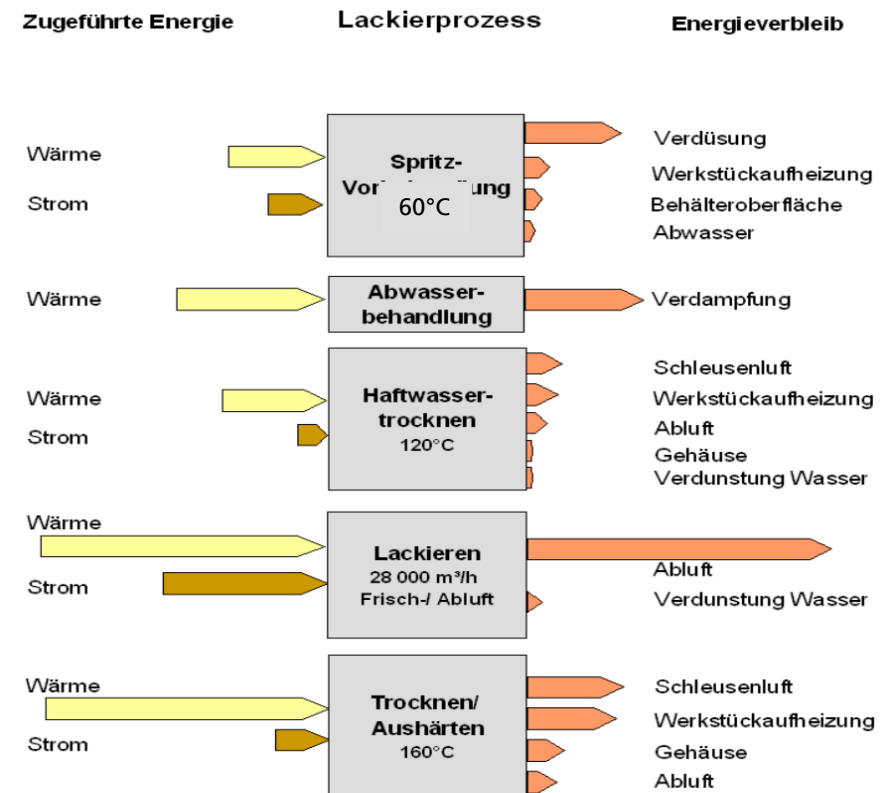


ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK

Energiefluss in einer modellhaften Anlage für Metalllackierung

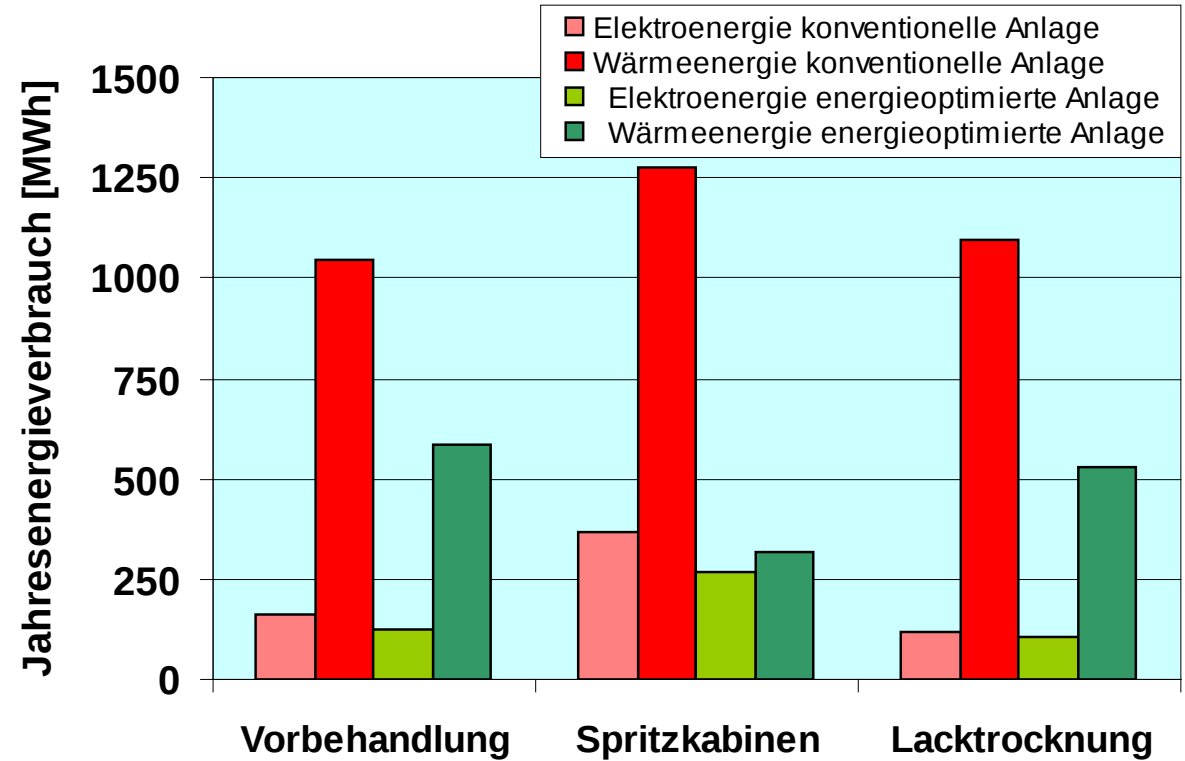
Mehrfaches Aufheizen der Werkstücke:

- Spritzvorbehandlung 60 ° C
- Haftwassertrocknung 120 ° C
- Aushärtung 160 ° C



Einsparpotentiale bei einer modellhaften Anlage

Energieverbraucher einer konventionellen Anlage zur Metalllackierung mit Wasserlack (Applikation automatisiert)



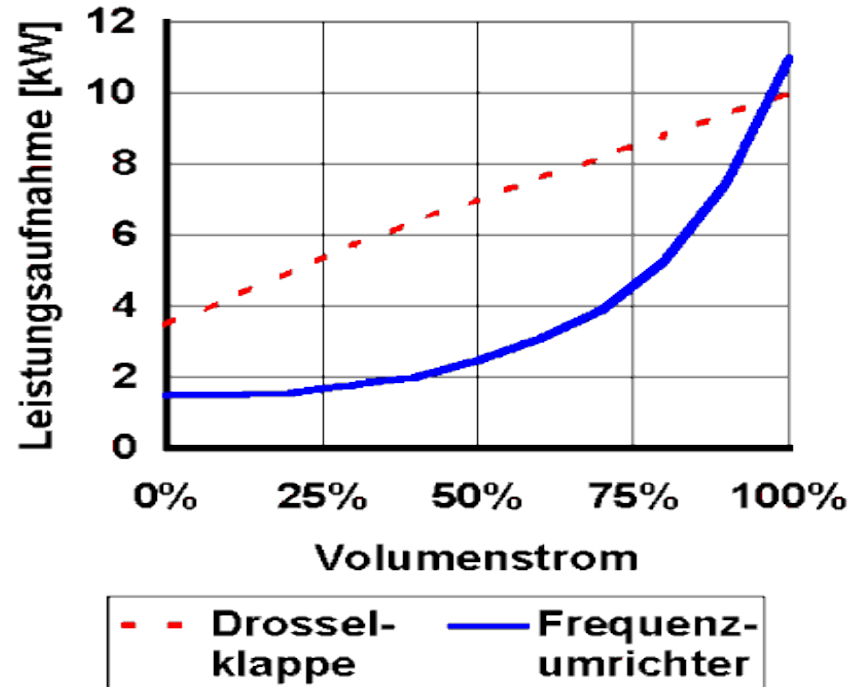
ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

Einstellen des Spritzdrucks mit Frequenzumrichter

Leistungsvergleich für
eine Volumenreduktion
mit Drosselklappe und
Drehzahlreduziertem Motor



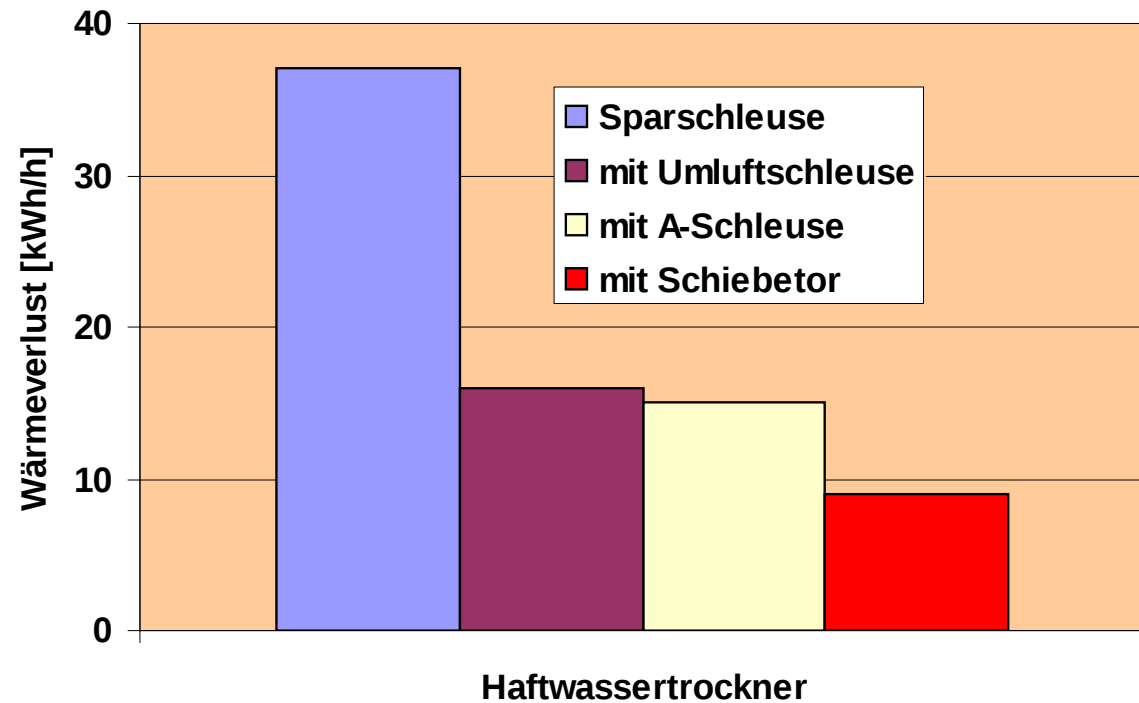
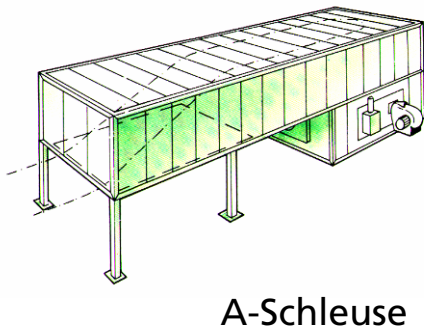
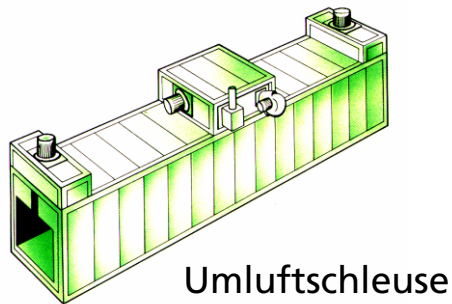
ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

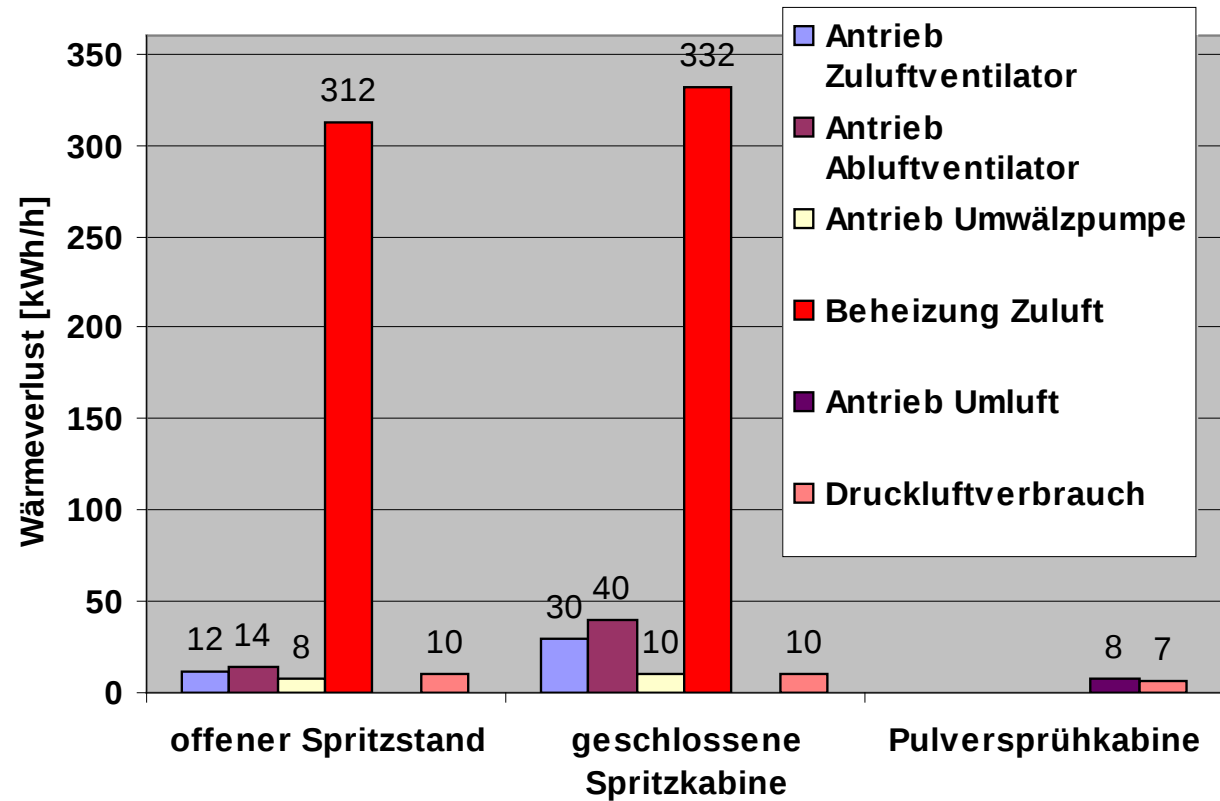
Einfluss der Werkstücköffnungen auf den Wärmeverlust beim Trockner

Beispiele für Schleusen



Energieverbrauch von Spritzkabine und Pulverkabine im Vergleich

Modellhafte Anlage
zur Metalllackierung
(Büromöbel)



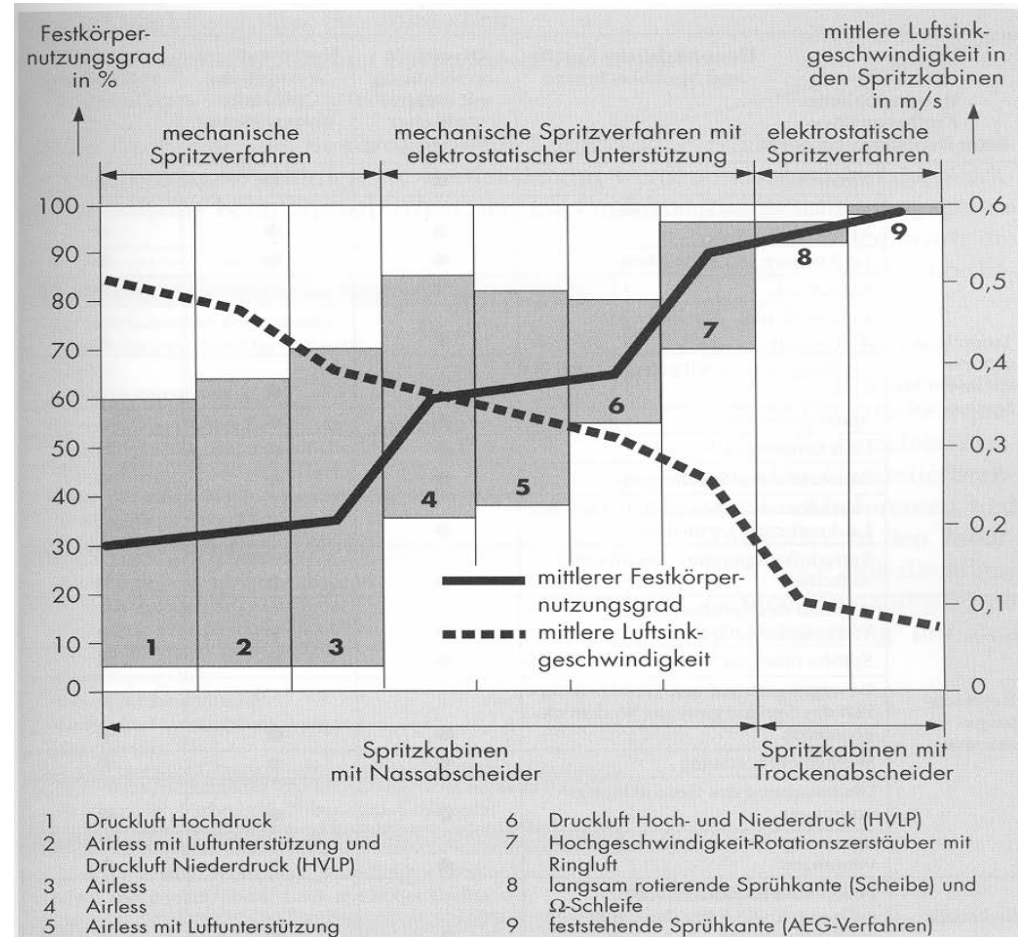
ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

Energieeinsparung durch Zuluftreduzierung

Durch die Anwendung von Oversprayreduzierten Spritzverfahren kann die Luftsinkgeschwindigkeit in den Spritzkabinen und damit der Energieverbrauch für die Zuluftbeheizung gesenkt werden



Welches Trocknungsverfahren ist geeignet?

- Umluft/Konvektion**
 - Häufig angewandtes Verfahren (90 %)
 - hoher Platzbedarf
 - geringe Energieausnutzung 2-5 %)
 - Für nahezu alle Trocknungs- und Härtingsarten geeignet
- IR-Strahlung**
 - Bei Flachteilen und Coils bessere Energieausnutzung
 - Anwendung bei der Reparaturlackierung
 - genaue Temperaturregelung bei empfindlichen Lacken (Temperaturprofil)
- UV-Strahlung**
 - Optimale Energieausnutzung bei Flachteilen
 - bei 3D-Teilen Optimierung der Strahlereinstellung und -positionierung
 - Anwendung für kratzfeste Oberflächen
- Induktion**
 - Optimale Energieausnutzung bei rotationssymmetrischen Teilen (z.B. Bremscheiben)



Welches Abluftreinigungsverfahren ist geeignet?

Thermische

Nachverbrennung (TNV)

- Häufig angewandtes Verfahren
- Verbrennungstemperatur 700-800 °C
- Autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) 7-8 g/Nm³
- Optimal im Energieverbund (Verbraucher notwendig)

Regenerative

Nachverbrennung (RNV)

- Anwendung für große Abluftströme
- Verbrennungstemperatur 700-800 °C
- Autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) ab 1 g/Nm³
- 95 % thermischer Wirkungsgrad (Reingastemperatur 60 °C)

UV-Oxidation

- Anwendung für niedrige Schadstoffkonzentration (300 mg/Nm³)
- Eignung der Lösemittel muss geprüft werden

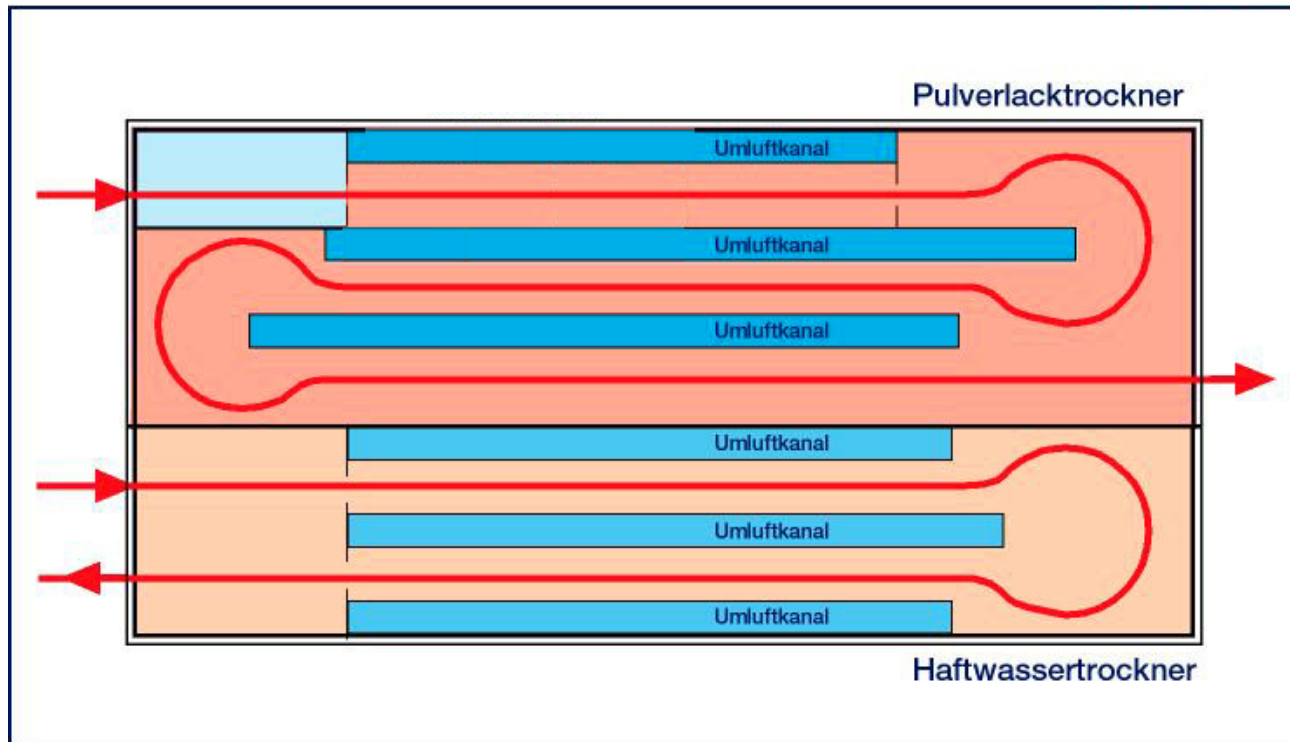
Katalytische Oxidation

- Anwendung für niedrige Schadstoffkonzentration
- Verträglichkeit der Lösemittel mit dem Katalysator muss geprüft werden



Reduzierung des Energieverbrauchs bei der Planung

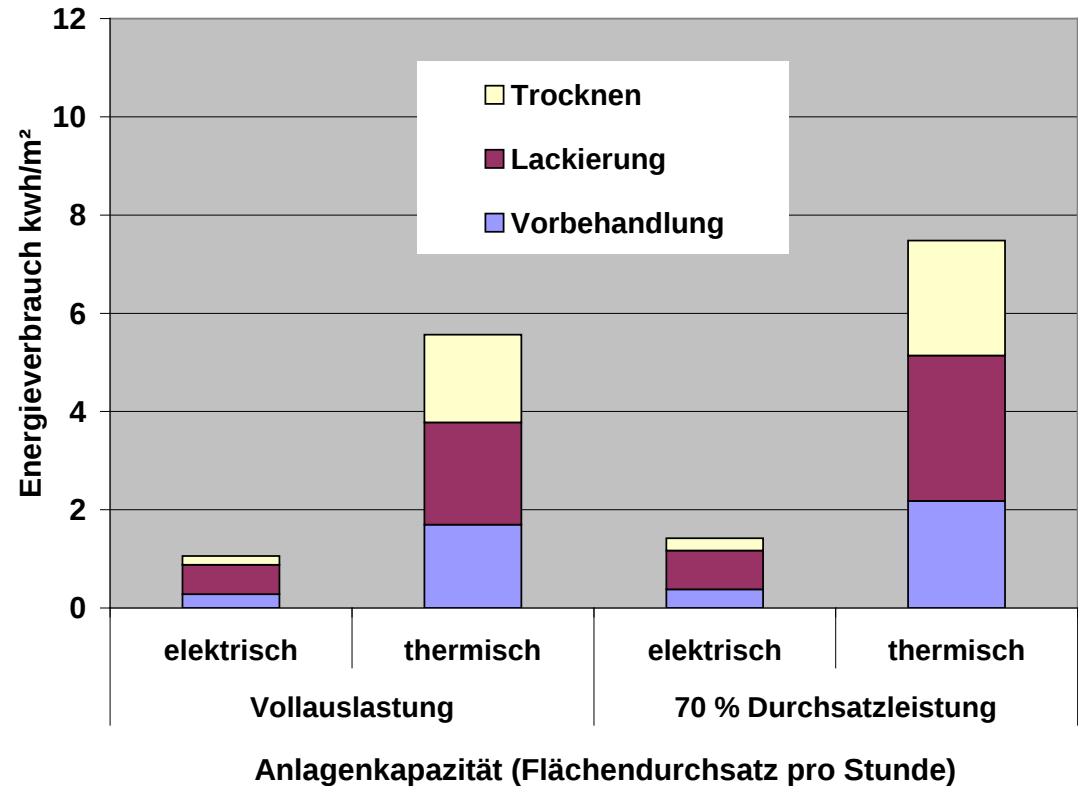
Zusammenfassung von „warmen Zonen“ (Blocktrockner)



Reduzierung des Energieverbrauchs bei der Planung

Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Durchsatzleistung

	70% Anlagen- auslastung	100% Anlagen- auslastung
Anlagen- laufzeit	240d à 22,8h	240d à 16h
Strom- kosten/a	82.896 €	58.796 €
Gas- kosten/a	189.708 €	139.706 €
Gaspreis: 0,05 €/kWh		
Strompreis : 0,1 €/kWh		



Weitere Methode zur Ressourcen-/Energieeffizienz

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 / Vollast / Stand-by)
- Berücksichtigung des Energieverbrauchs als Teil der Lebenszykluskosten einer Anlage bei der Betrachtung der Gesamtkosten

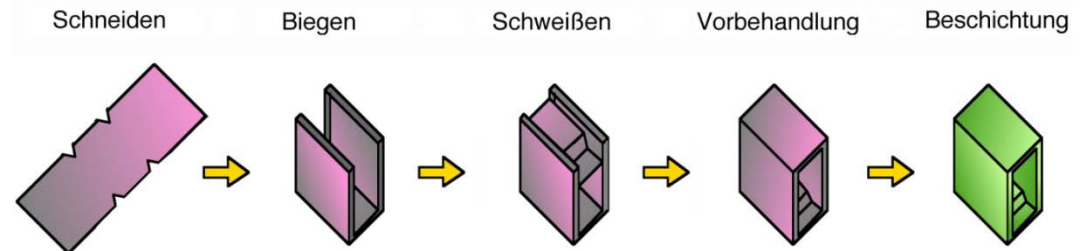


Neue Entwicklungen: Pulver-Precoating

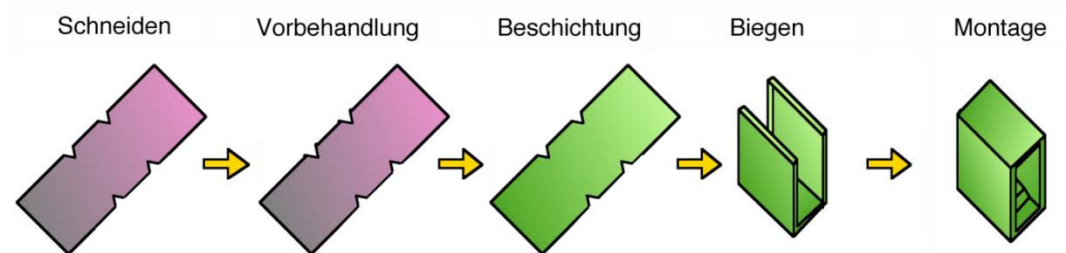
Höhere Produktivität gegenüber Stückgut-Pulverbeschichtung

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

Stückgutbeschichtung (Post-Coating-Konzept)



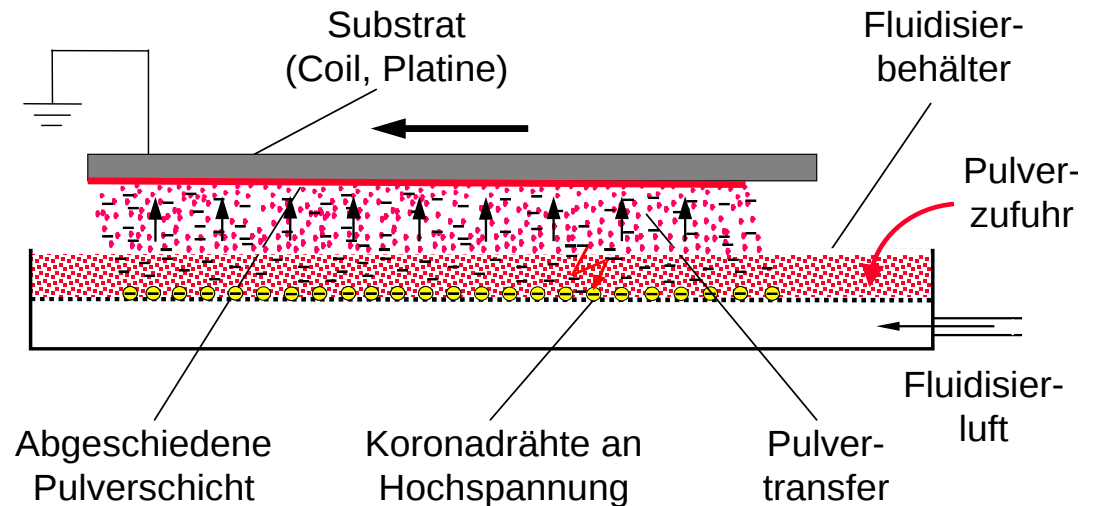
Platten-Beschichtung (Pre-Coating-Konzept)



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 $> 2 \text{ m/s}$ möglich
- Gleichmäßige Schichtdicken (keine Lackierbahnüberlappung)
- Hohe Flexibilität bezüglich Pulverlackeigenschaften (Dünnschichtpulver möglich)



Pistolenlose Pulverlackapplikation mit dem TransApp-Verfahren

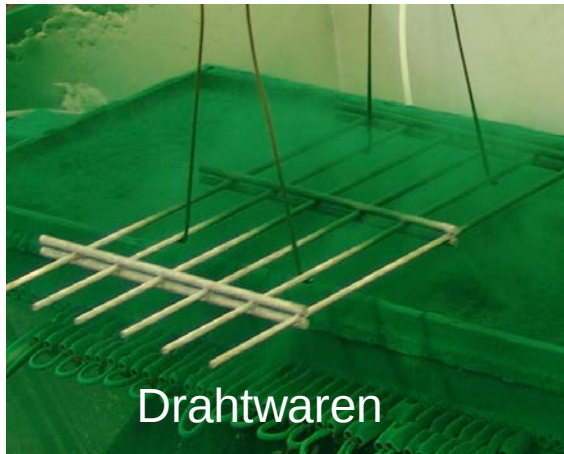


ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



Fraunhofer
IPA

Pistolenlose Pulverbeschichtung von 3-D-Teilen (Beispiele)



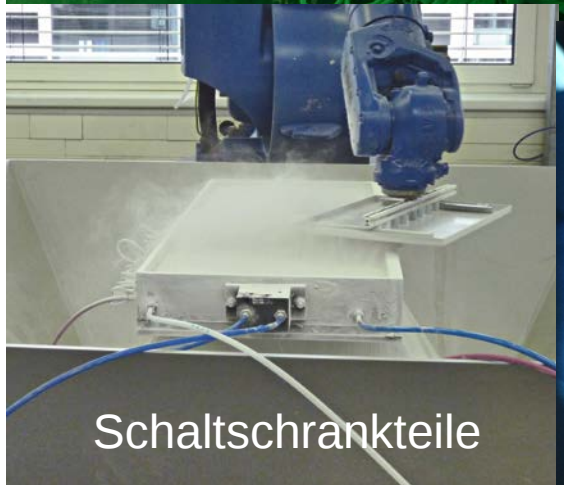
Drahtwaren



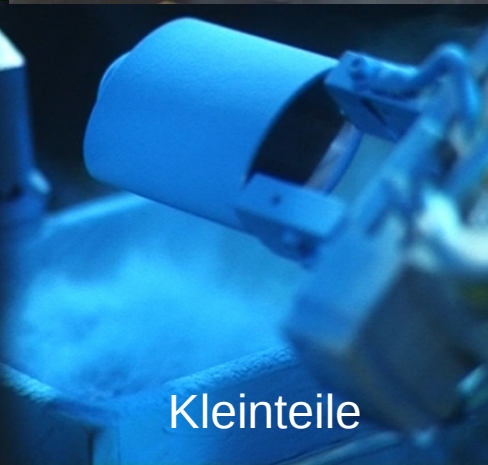
Federn



Heizkörperteile



Schaltschrankteile



Kleinteile



Trapez- und Wellbleche

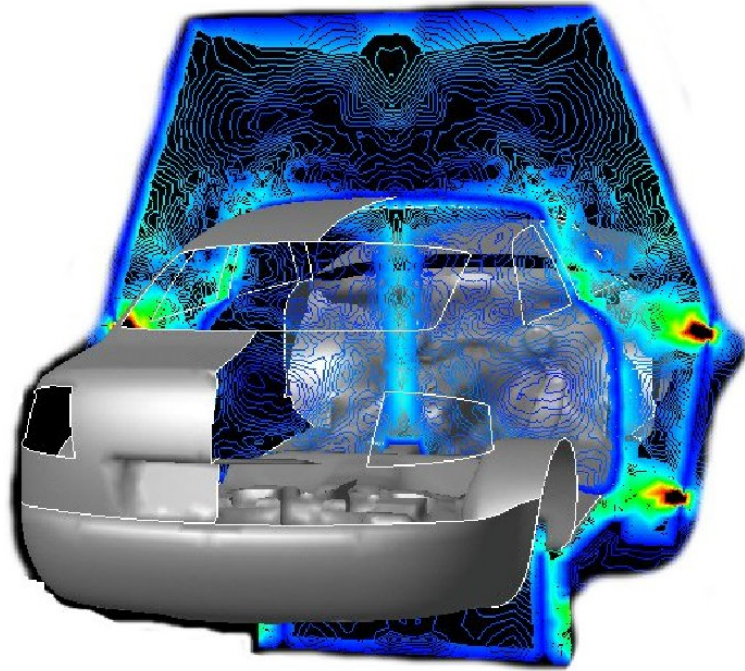


ABTEILUNG
LACKIERTECHNIK



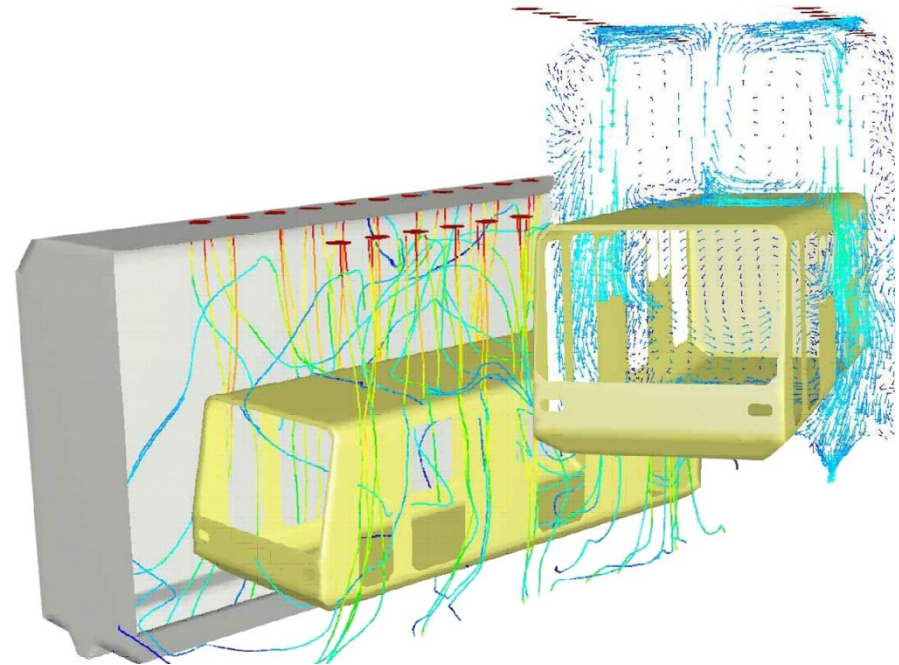
Fraunhofer
IPA

Reduzierung des Energieverbrauchs durch Strömungssimulation



Strömungsfeld bei der Umluft-Lacktrocknung

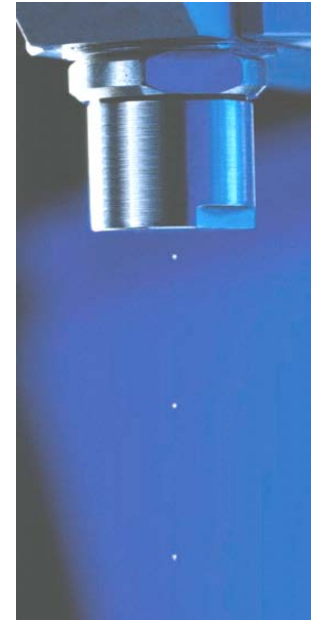
Luft- und Sprayströmungen in Lackierkabinen



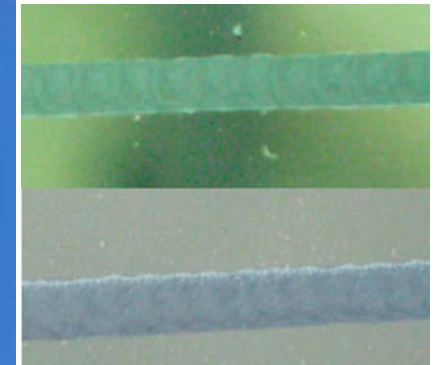
Senkung des Energieeinsatzes bei der Applikation

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)

