
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 m² Spritzkabinenfläche von ca. 46.000 kWh können mehrere Einfamilienhäuser beheizt werden
(3-Schichtbetrieb, Befeuchtung auf 65 % rel. Luftfeuchte)
- Karosserieherstellung in der Automobilindustrie:

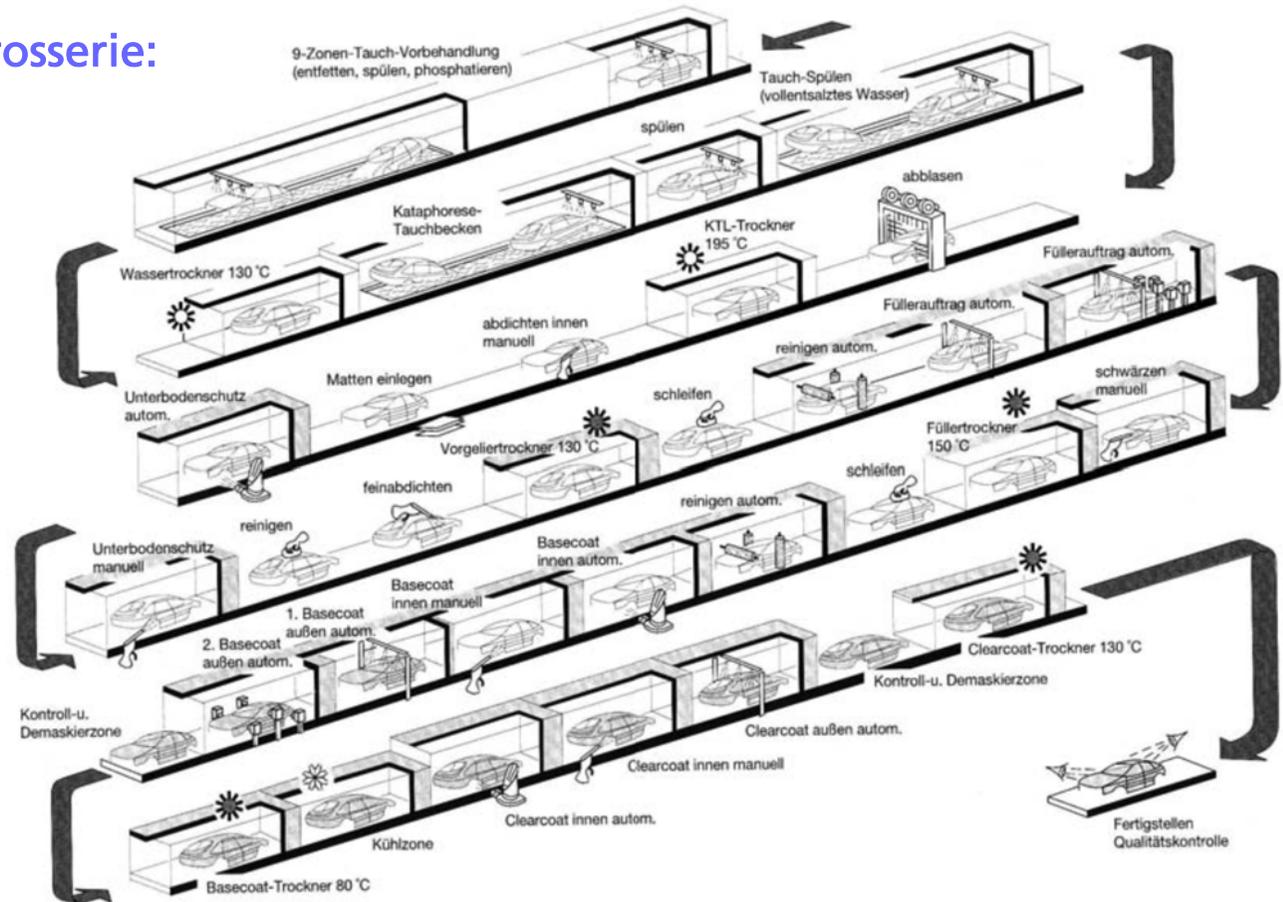
Produktionsbereich	Strom (ca.)	Wärme (ca.)
Lackierung	45 %	85 %
Rohbau	35 %	8 %
Montage	20 %	7 %

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!

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

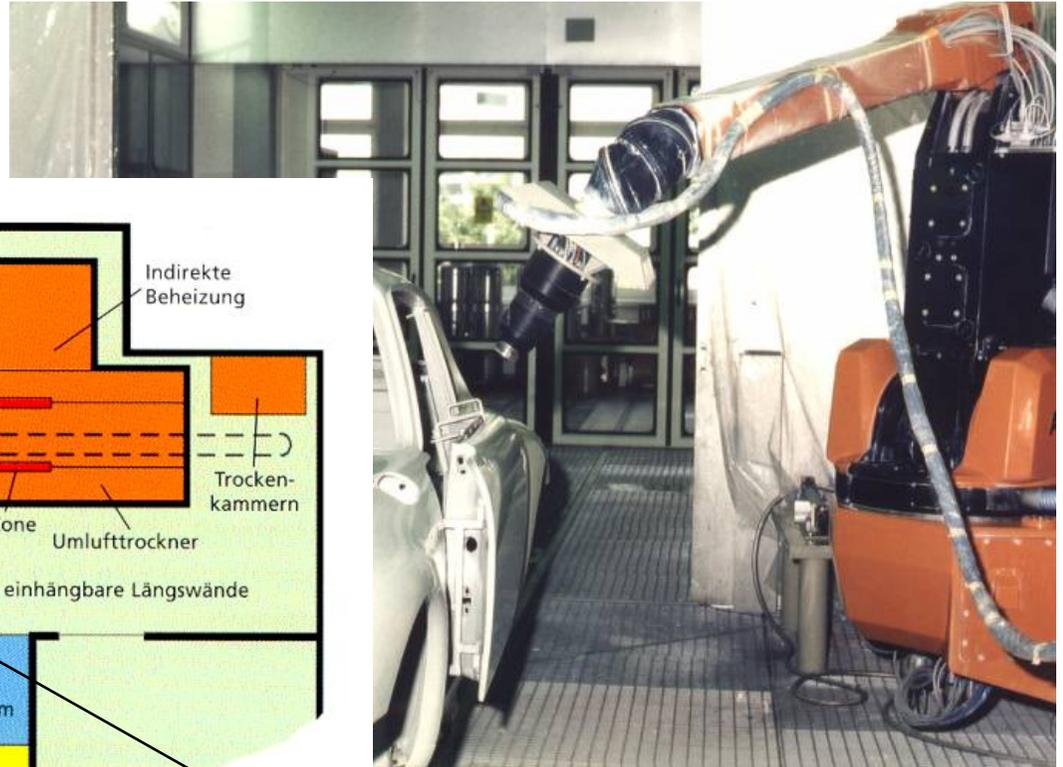
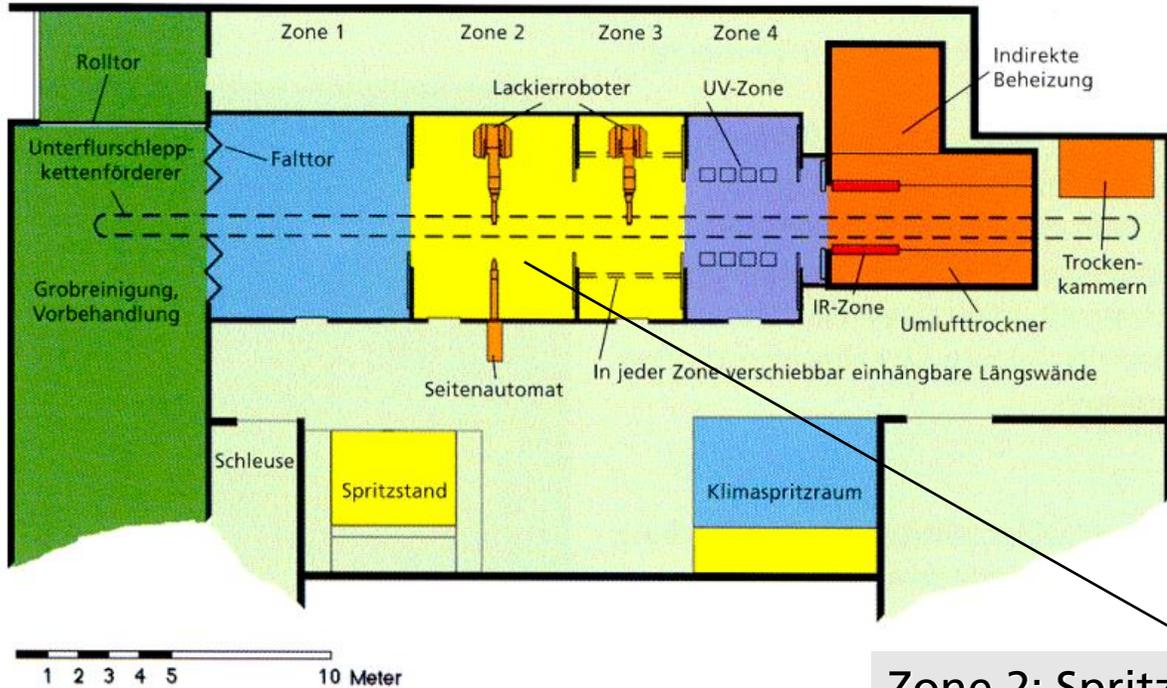


Quelle: Raytec

Diagnose des Energieverbrauchs: IST-Zustandsaufnahme

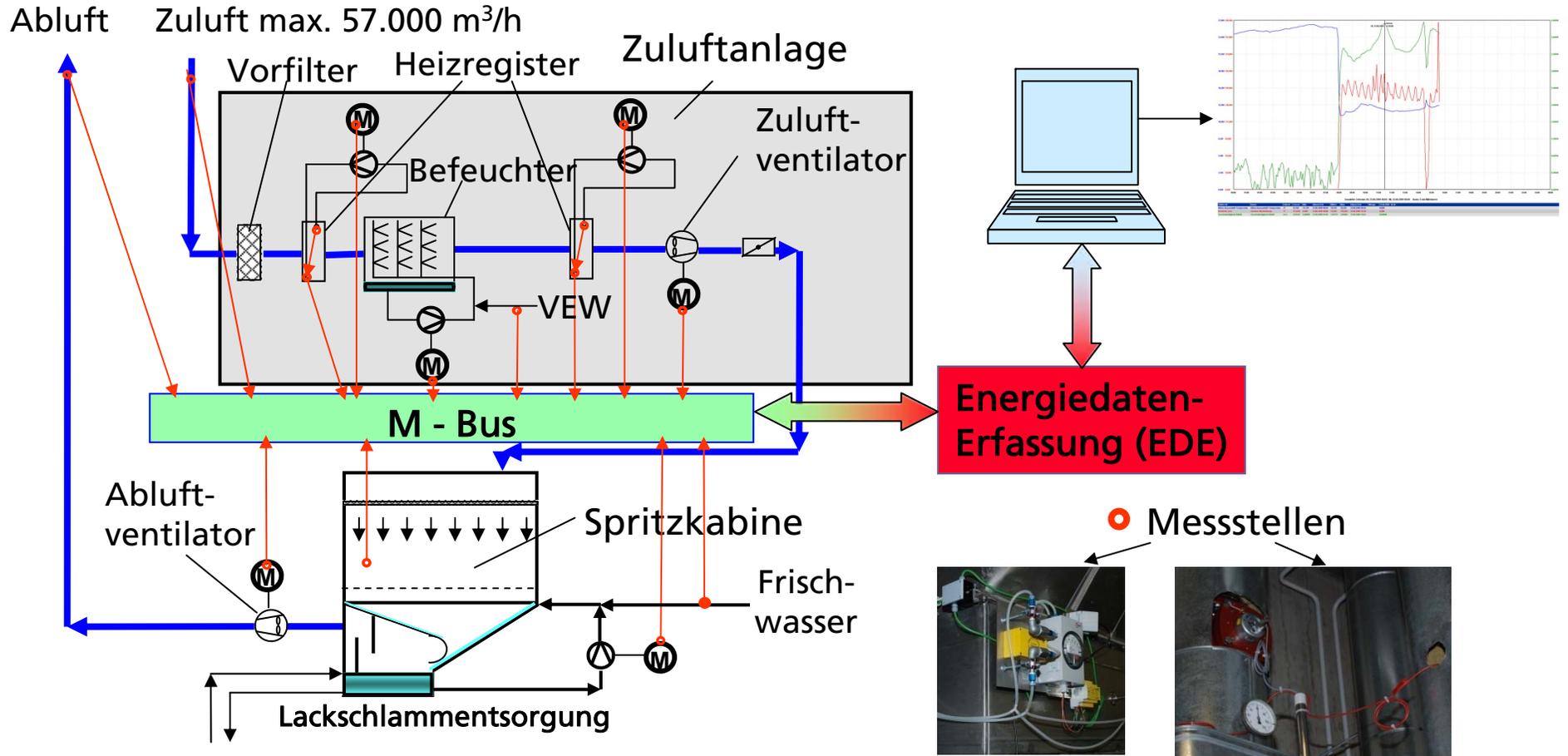
- Erfassung der Betriebszustände
- Temporäre Messungen des Energieverbrauchs von Heizeinrichtungen und Antrieben
- Temporäre Messungen der Energieverluste (Abluft, Abgas, Schleusen)
- Momentaufnahme der Produktionsleistung (Massen-, Flächendurchsatz)
- Erfassung von installierten Energieeinsparungs-Maßnahmen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

Auswahl für Monitoringsystem: Lackiertechnikum am Fraunhofer IPA

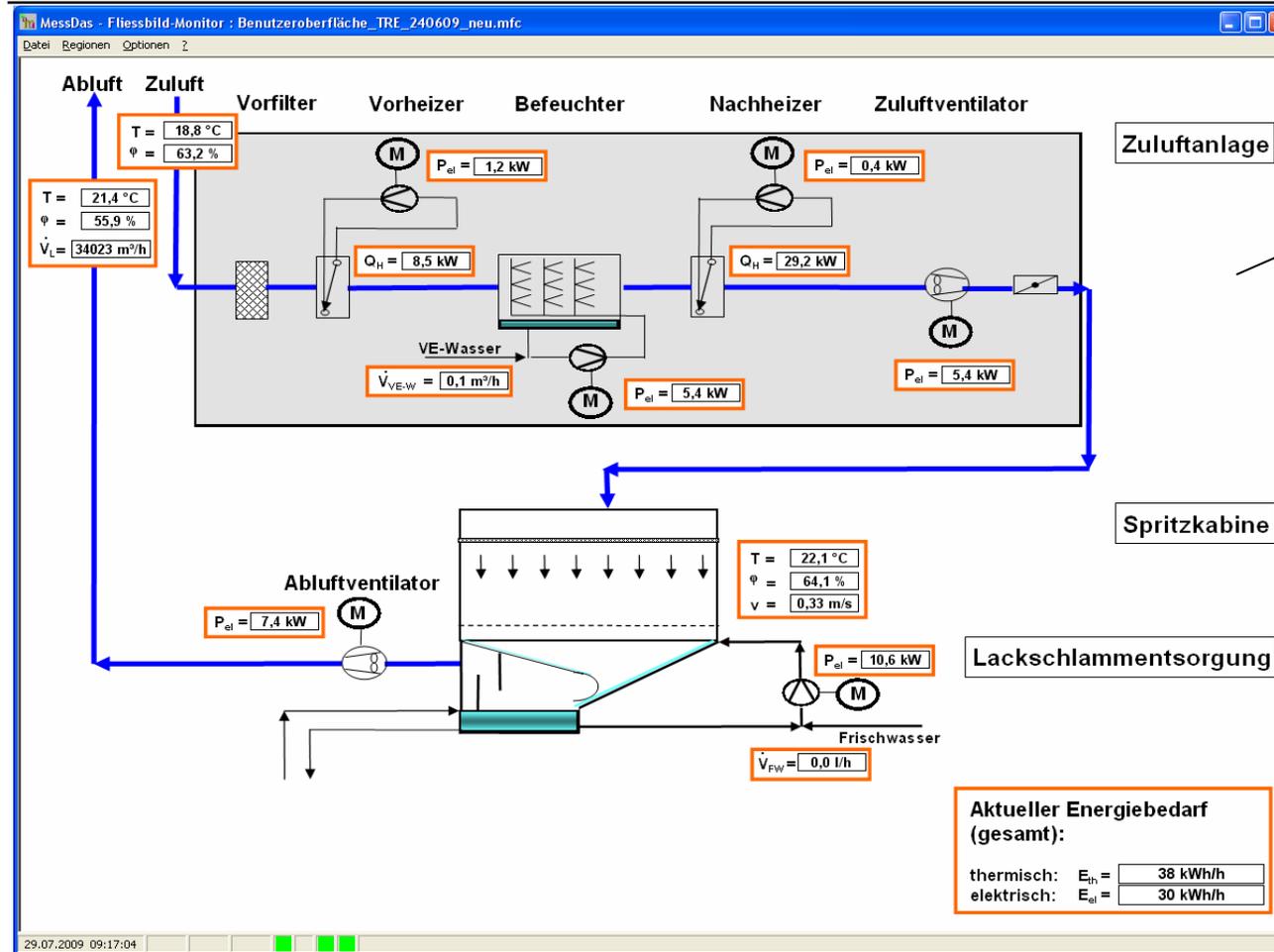


Zone 2: Spritzkabine mit Nassauswaschung

Einbau des Monitoringsystems

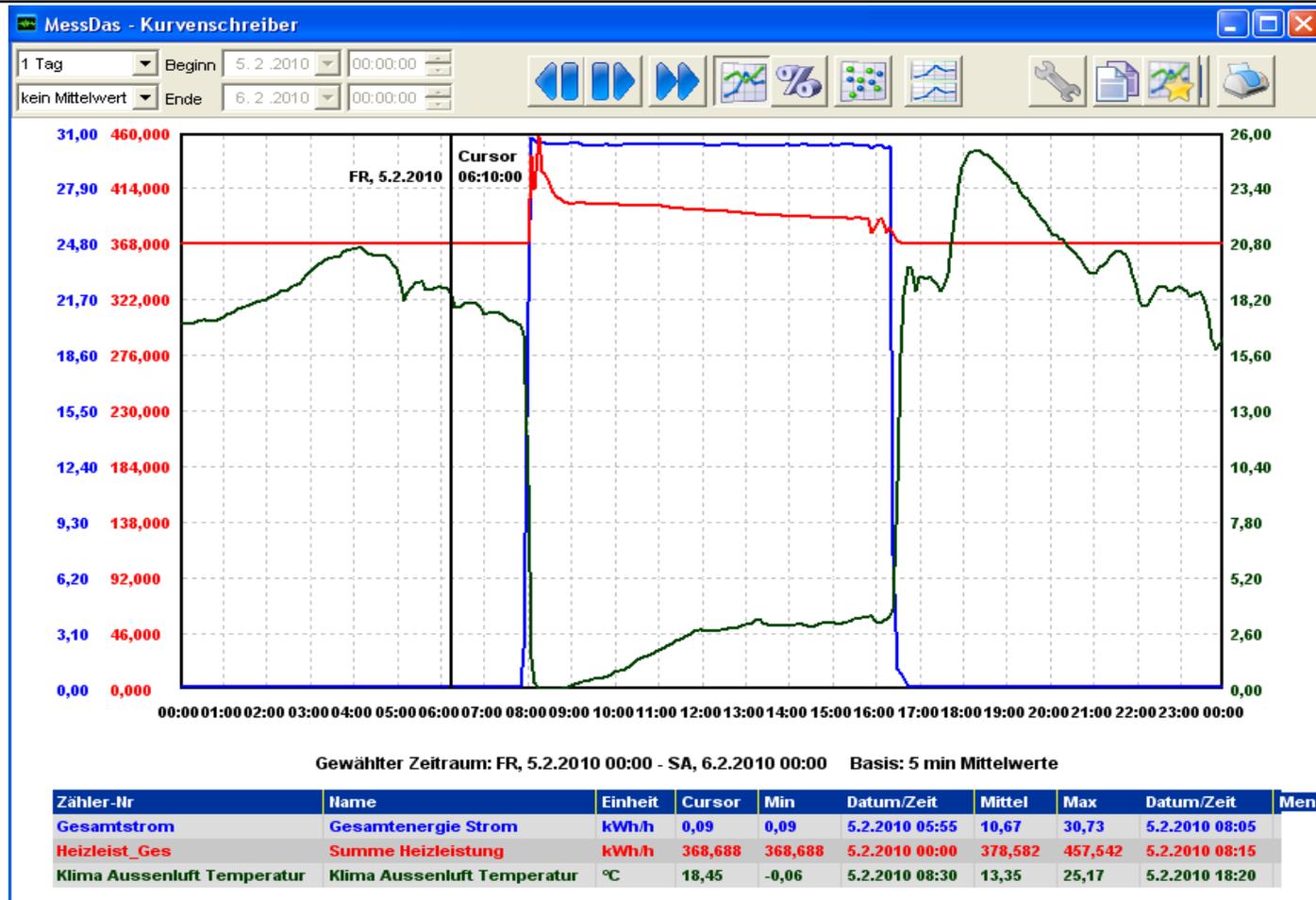


Erfassung von aktuellen Energieverbrauchswerten im Fließschema



Screenshot

Verlauf ausgewählter Energieverbrauchswerte für weitere Auswertung



Ableitung von Optimierungsmaßnahmen aus dem Monitoring

- Bewertung von Einsparungen nach Umrüstungsmaßnahmen (Einbau von Rückgewinnungssysteme, 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, CO₂-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)
 - Erfassung von Energieverbrauchsmengen pro beschichtetes Teil (auch für Ökobilanz)

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	Auswirkung	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

Weitere Methode zur Ressourcen-/Energieeffizienz

Anwendung des VDMA Einheitsblatts 24 378 bei der Neuplanung von Lackieranlagen

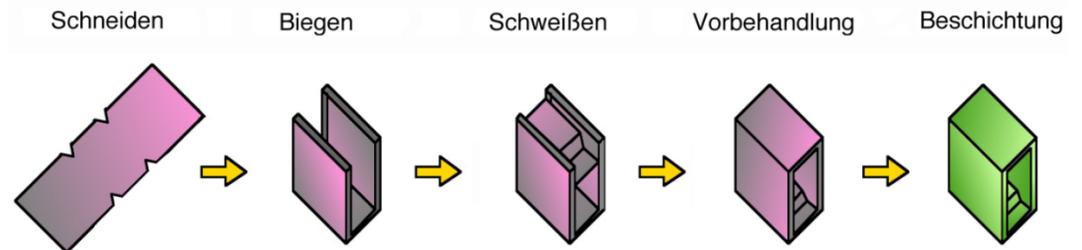
- Einheitliche und anlagenspezifische Berechnungshilfe für die Prognose des Energieverbrauchs von Lackieranlagen
- Berücksichtigung der Interessen von Anlagenanbietern /-betreibern
- Berücksichtigung/Einbindung der Einflussfaktoren der Energieeffizienz in die Verkaufsverhandlungen
- Detaillierte und 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

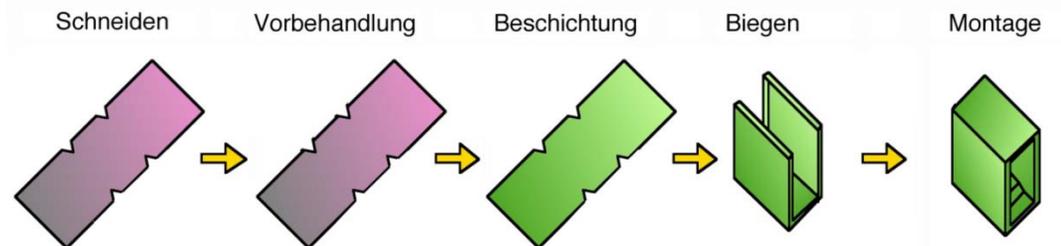
Höhere Produktivität gegenüber Stückgut-Pulverbeschichtung

- 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)

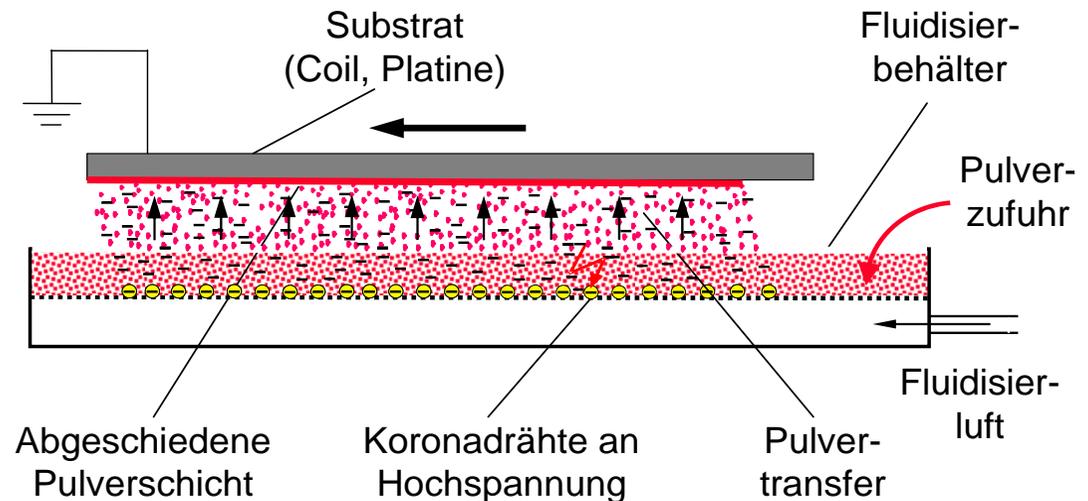


Platinen-Beschichtung (Pre-Coating-Konzept)



Pistolenlose TransApp-Technik für eine energieeffiziente Pulverbeschichtung

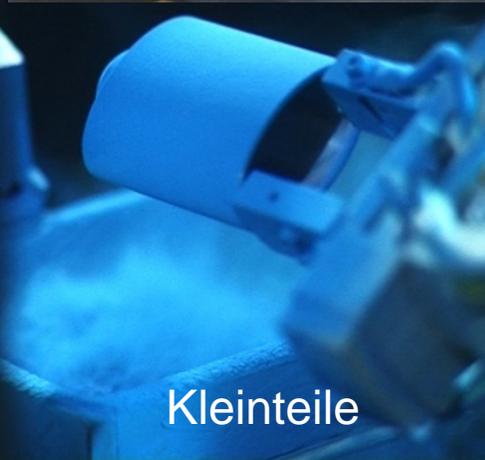
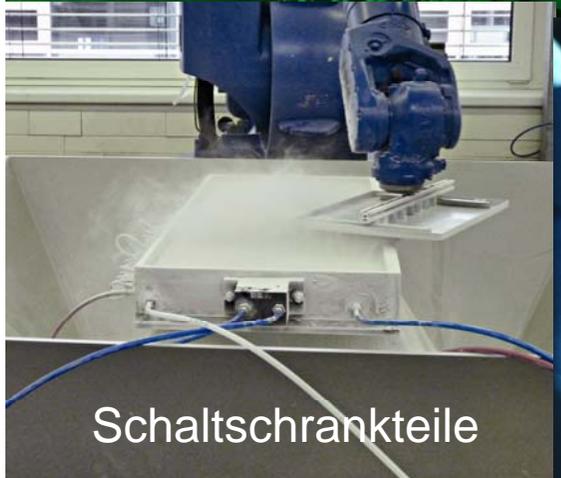
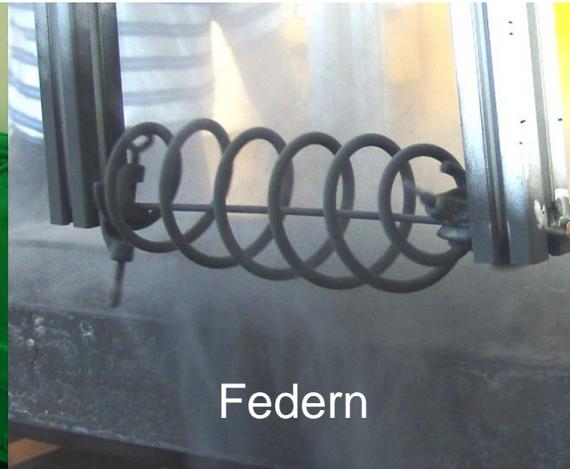
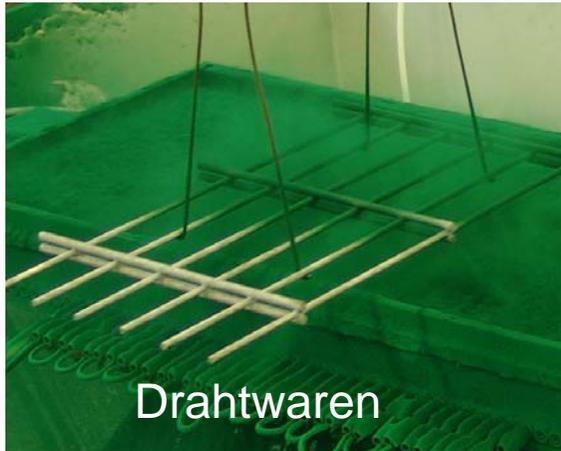
- Druckluftverbrauch ca. 1/3 einer vergleichbaren EPS-Anlage mit Pistolen
- Absaugleistung weniger als 1/3 einer vergleichbaren EPS-Anlage mit Pistolen
- Extrem kompakte Anlagentechnik
- Fördergeschwindigkeit bis > 2 m/s möglich
- Gleichmäßige Schichtdicken (keine Lackierbahnüberlappung)
- Hohe Flexibilität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



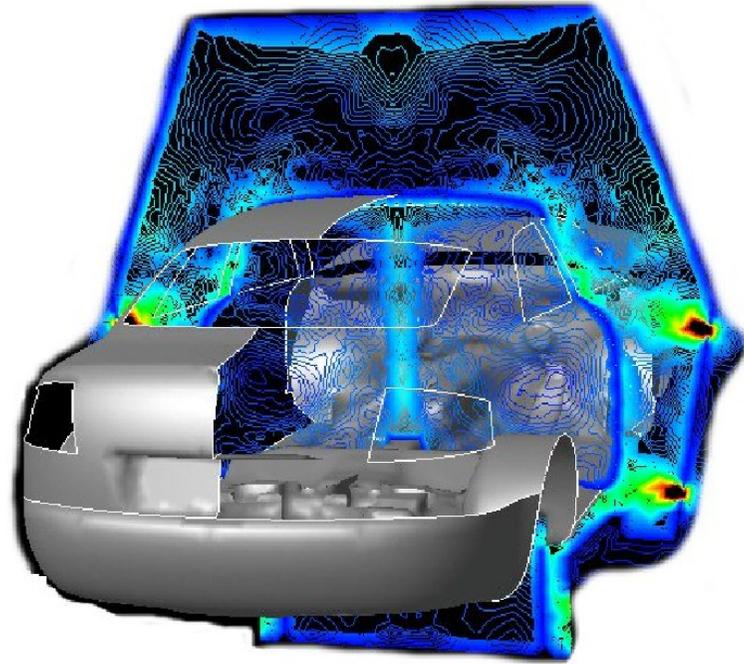
Pistolenlose Pulverlackapplikation mit dem TransApp-Verfahren



Pistolenlose Pulverbeschichtung von 3-D-Teilen (Beispiele)

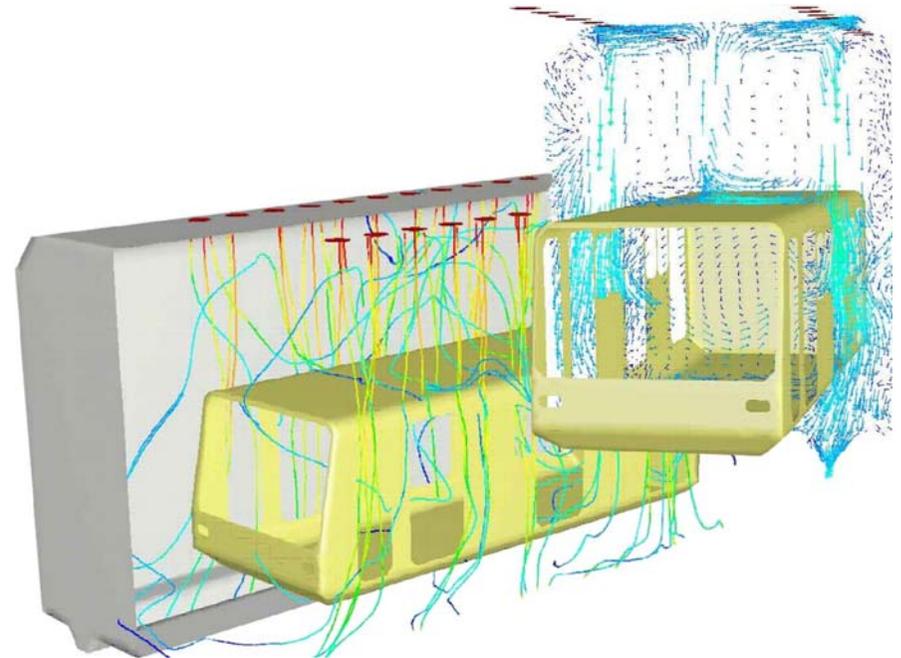


Reduzierung des Energieverbrauchs durch Strömungssimulation



Strömungsfeld bei der Umluft-Lacktrocknung

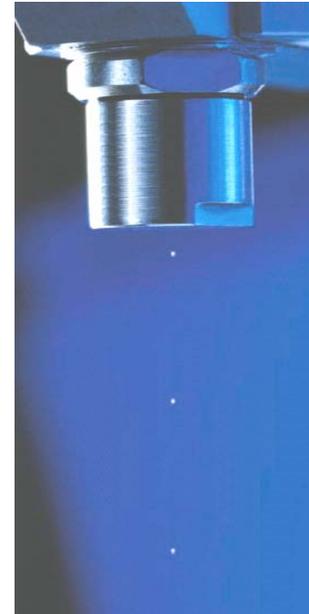
Luft- und Sprayströmungen in Lackierkabinen



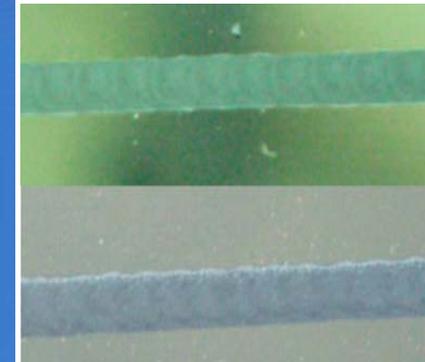
Senkung des Energieeinsatzes bei der Applikation

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)