

Maßnahmen zur Energieeinsparung und Abluftreinigungsverfahren

Wolfgang Klein

Maßnahmen zur Energieeinsparung und Abluftreinigungsverfahren

Wolfgang Klein

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Abteilung Lackiertechnik

Tel: 0711 – 970 – 1757

Fax: 0711 – 970 - 1035

Email: wolfgang.klein@ipa.fraunhofer.de

11. März 2014

Seite 1

© Fraunhofer IPA



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

Seite 2

© Fraunhofer IPA

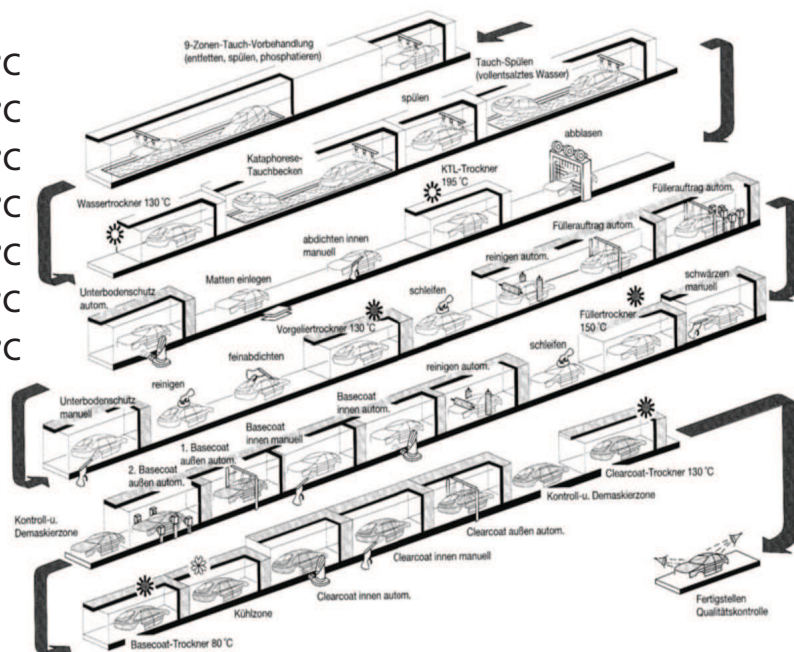


- Gesetzliche Anforderungen an Arbeitssicherheit und Umweltschutz
 - ⇒ VOC-Verordnung (31. Bundesimmissionschutzverordnung)
 - ⇒ Betriebssicherheitsverordnung
 - ⇒ Begrenzung der Reduzierung von Luftmengen oder Prozesstemperaturen hinsichtlich
 - Explosionsschutz (Mindest-Frischlufstrom)
 - Arbeitsschutz (Mindest-Luftsinkgeschwindigkeit)
- Prozess- und Beschichtungsqualität
 - ⇒ Vermeidung erhöhter Ausschuss- und Nacharbeitsquoten
 - ⇒ Vermeidung erhöhter Anlagenverschmutzung
 - ⇒ Vermeidung verkürzter Reinigungs- und Wartungsintervalle

Gründe zur Energieeffizienz in der Lackiertechnik

Mehrfaches Aufheizen einer Karosserie:

- | | |
|------------------------|--------|
| 1. Spritzvorbereitung | 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 |



Quelle: Dürr

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

Identifizierung von Energietreibern durch Momentaufnahme

Stromzange (1phasig)



Quelle: PCE

Leistungsmessgerät (3- bzw. 4-phasig)



Quelle: PCE

Typenschild



Wärmebildkamera



Quelle: Raytec

Flügelradanemometer



Quelle: Höntzsch

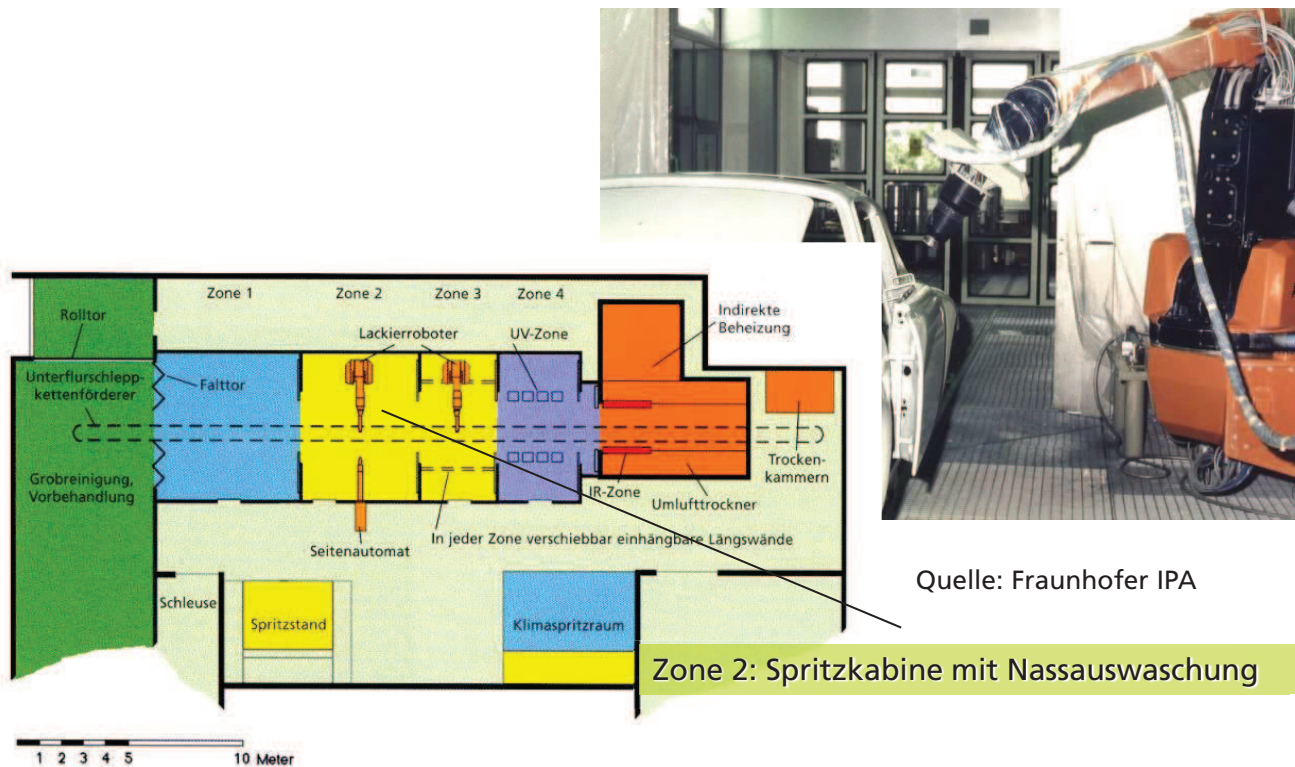
Berührungslose Temperaturmessung



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 Energieeinsparungsmaßnahmen (Wärmerad, Frequenzumformer)

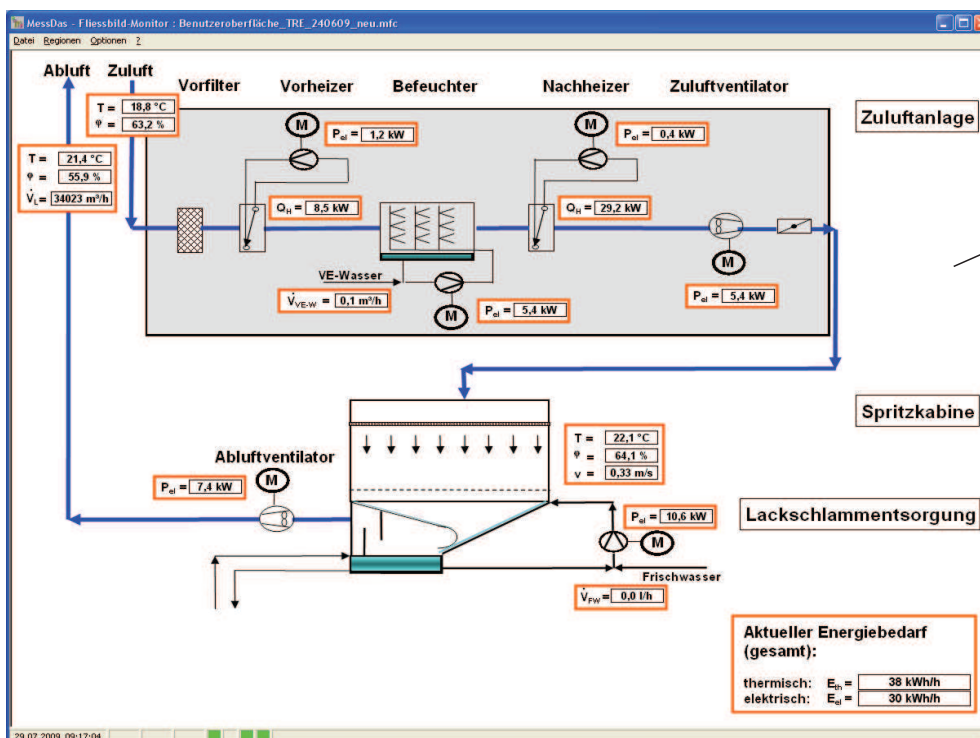


Seite 7

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer
IPA

Erfassung von aktuellen Energieverbrauchswerten im Fließschema

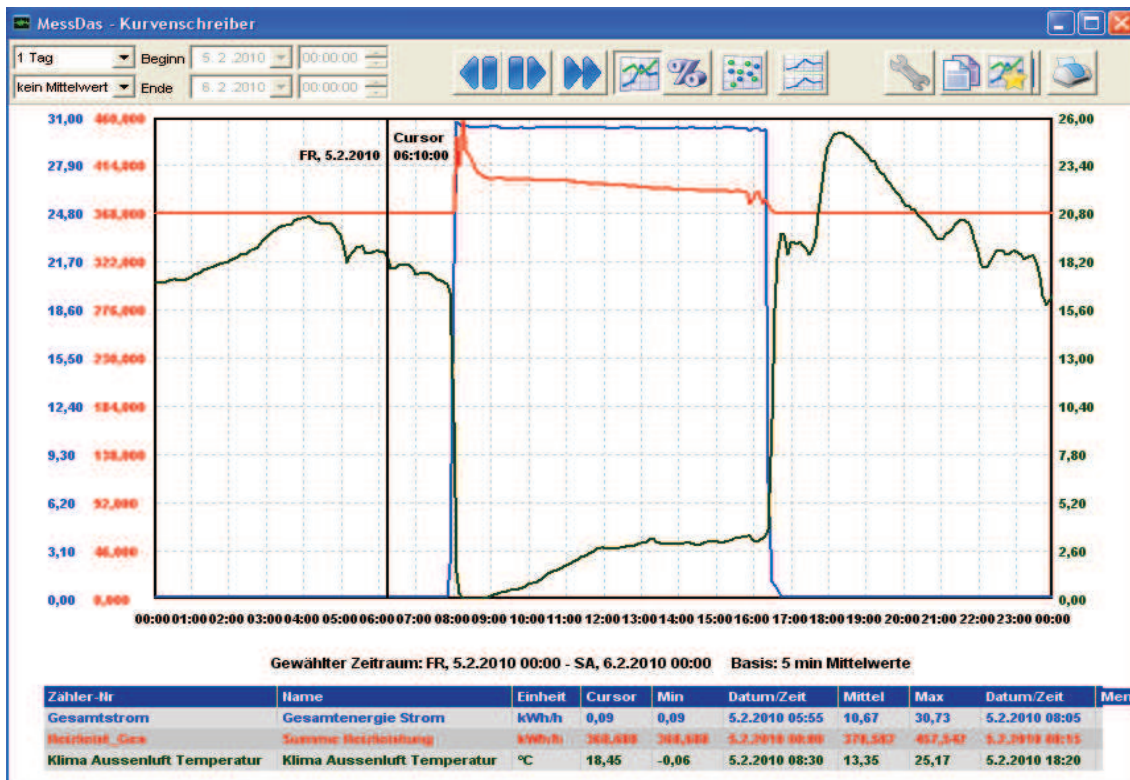


Screenshot

Seite 8

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer
IPA

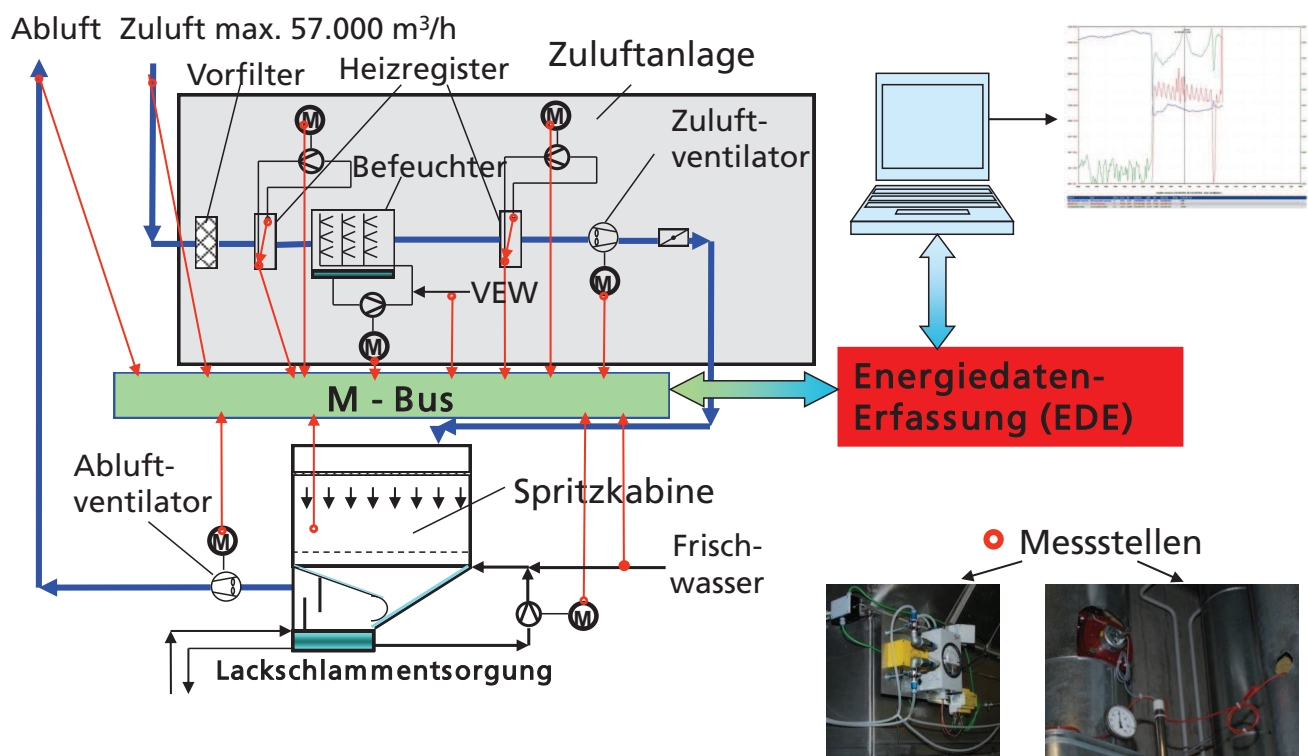


Seite 9

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer
IPA

Einbau des Monitoringsystems



Quelle: Fraunhofer IPA

Seite 10

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer
IPA

- ⇒ 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

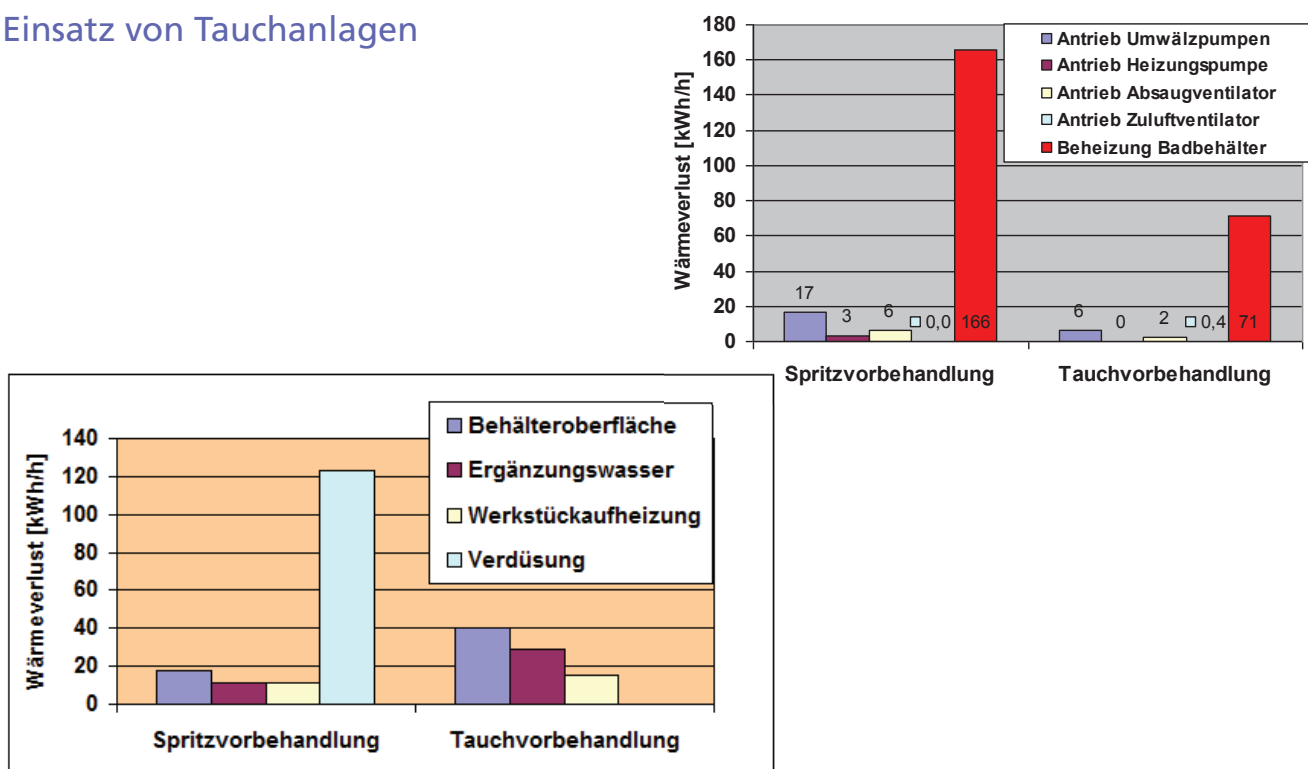
- ⇒ Gewinnung von produktbezogenen Energieverbrauchswerten als Ergänzung zu bisherigen Produktionsdaten als Datenbasis für Optimierungen
 - Senkung des Energiebedarfs durch optimierte Anlagensteuerung
 - Anpassung der Energieaufnahme an die aktuell geforderte Leistung (konkret: Kopplung Trocknerabluftmenge 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)

Anwendung des VDMA Einheitsblatts 24 378 bei der Neuplanung von Lackieranlagen

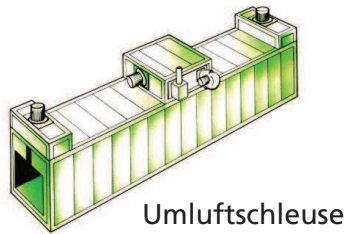
- ⇒ Einheitliche und anlagenspezifische Berechnungshilfe für die Prognose des Energieverbrauchs von Lackieranlagen
- ⇒ Berücksichtigung der Interessen von Anlagenanbietern /-betreibern
- ⇒ Berücksichtigung/Einbindung der Einflussfaktoren der Energieeffizienz in die Verkaufsverhandlungen
- ⇒ Detaillierte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

Energiesparpotenziale bei Vorbehandlungsanlagen

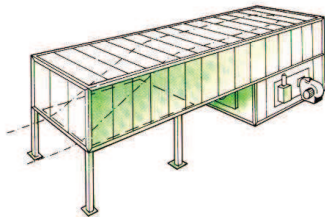
Einsatz von Tauchanlagen



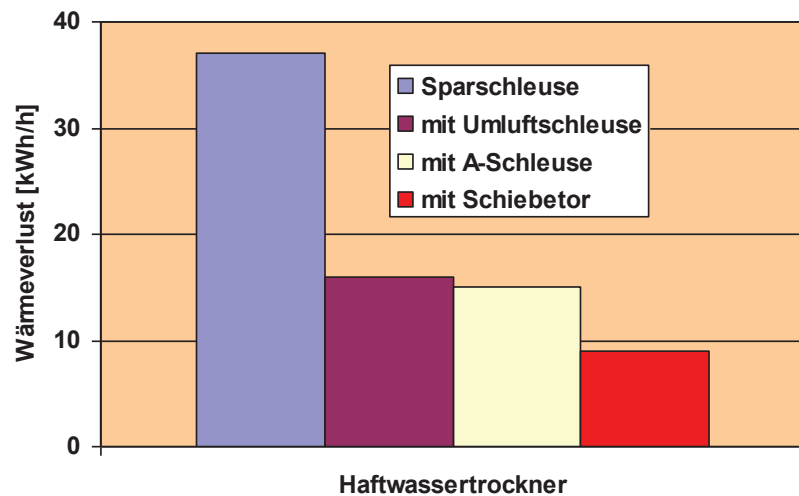
Beispiele für Schleusen



Umluftschleuse



A-Schleuse



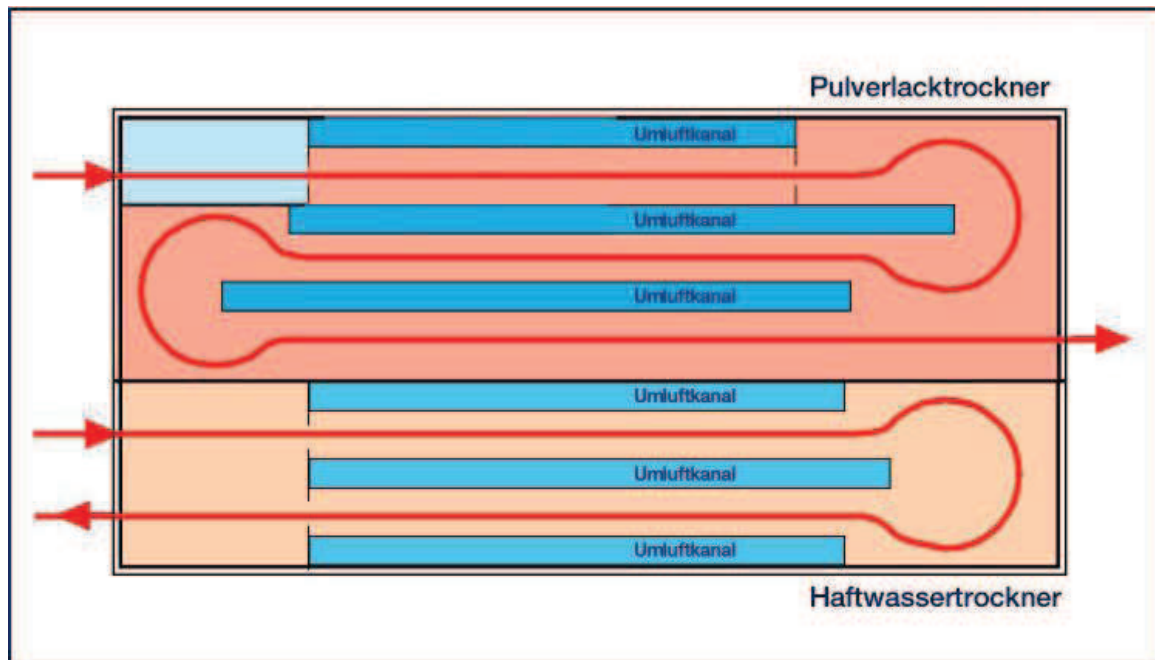
Quelle: OMT

Energieeffizienz beim Trockner

Auswirkung der Trocknungsverfahren

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)

Zusammenfassung von „warmen Zonen“ (Blocktrockner)



Quelle: Eisenmann

Einfluss der Fördertechnik auf den Energieverbrauch von Lackieranlagen

Prozesstechnische Maßnahmen

- ⇒ Durch Drehvorrichtungen in Spritzkabinen lassen sich Absaugleistungen für die Entfernung von Overspray reduzieren
- ⇒ Anstelle von Stückbeschichtung Platinenbeschichtung mit Flachförderer, z.B. Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtung (Pilotanlage am IPA)
- ⇒ Umstellen auf Taktbetrieb, wobei Pumpen und Ventilatoren nur während des Prozesses laufen (Kammer-Waschanlage)
- ⇒ Durch exakte Positionierung von Werkstücken ist Automatisierung mit Einführung der Roboterlackierung möglich, womit die Luftsinkgeschwindigkeiten reduziert werden kann
- ⇒ Bei automatischer Lackierung kann auf den energiesparenden Umluftbetrieb umgestellt werden

Maßnahmen an der Förderanlage

- ⇒ Verwendung von Warenträger mit geringer Masse
- ⇒ Bei Handschiebebahn und P+F-Förderanlagen können Trockner mit Schiebetoren eingesetzt werden



Quelle: Eisenmann

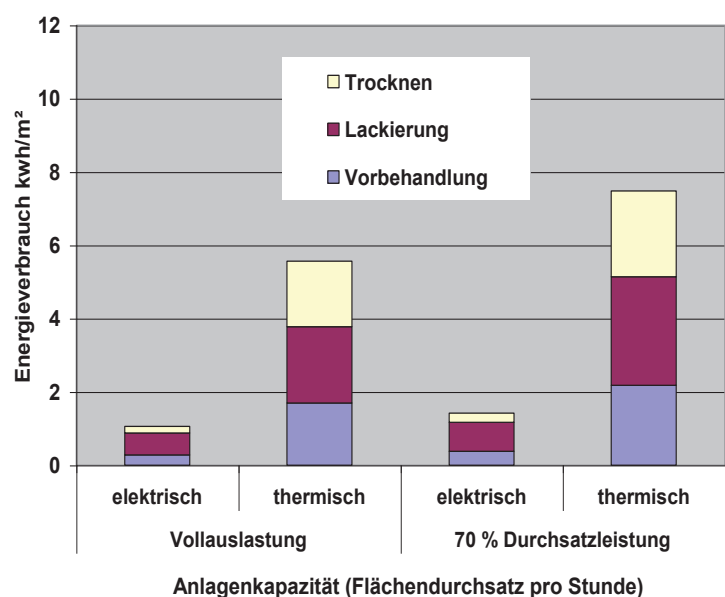
- ⇒ optimale Kapazitätsausnutzung, dadurch geringere Laufzeit der Anlagen
- ⇒ Möglichst keine Betriebspausen
- ⇒ Bei Anlagen mit kurzer Laufzeit sollten die Fördererstützen außerhalb der Trockner angeordnet sein (möglichst geringe Aufheizmassen)
- ⇒ Bei Trockner A-Schleusen sollte die Förderschiene unterhalb der Trocknerwand in den Trockner geführt werden



Reduzierung des Energieverbrauchs bei der Planung

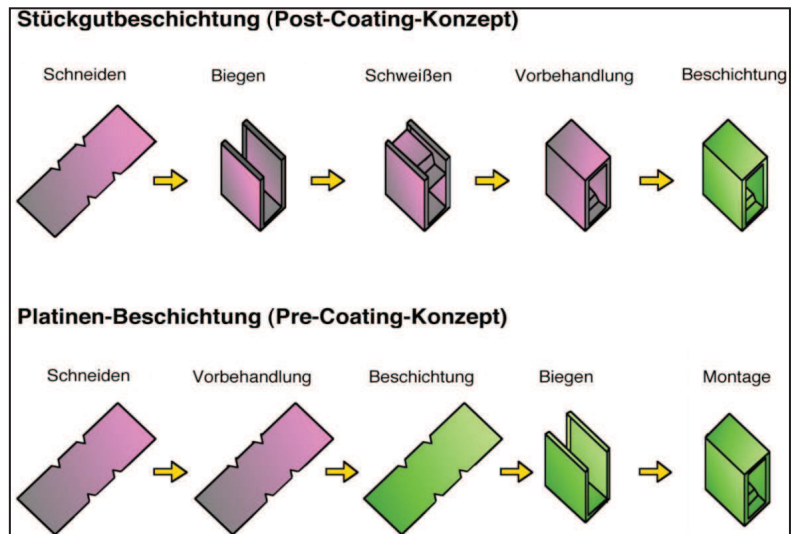
Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Durchsatzleistung

	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		

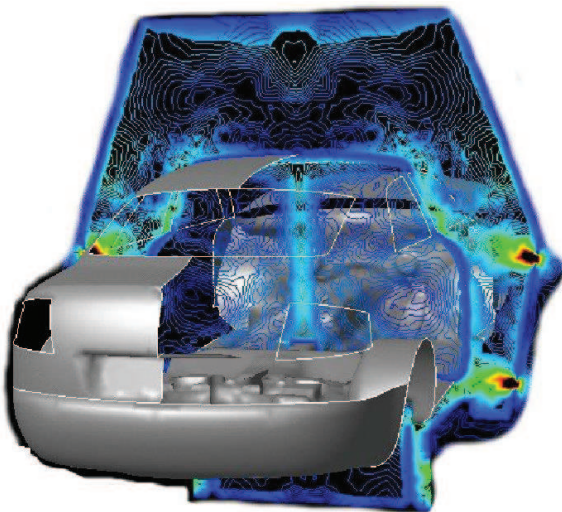


Höhere Produktivität gegenüber Stückgutlackierung

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

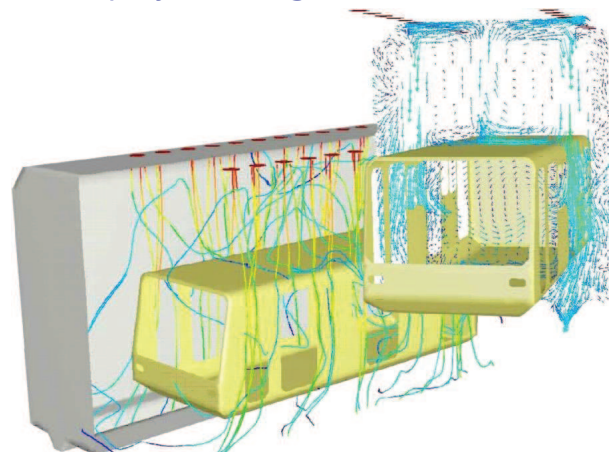


Reduzierung des Energieverbrauchs durch Strömungssimulation



Strömungsfeld bei der Umluft-Lacktrocknung

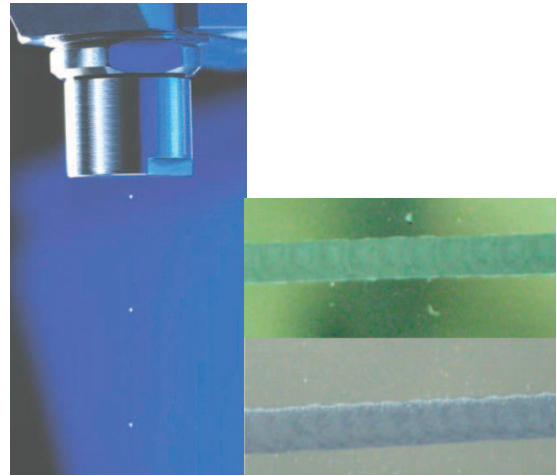
Luft- und Sprayströmungen in Lackierkabinen



Quelle: Fraunhofer IPA

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



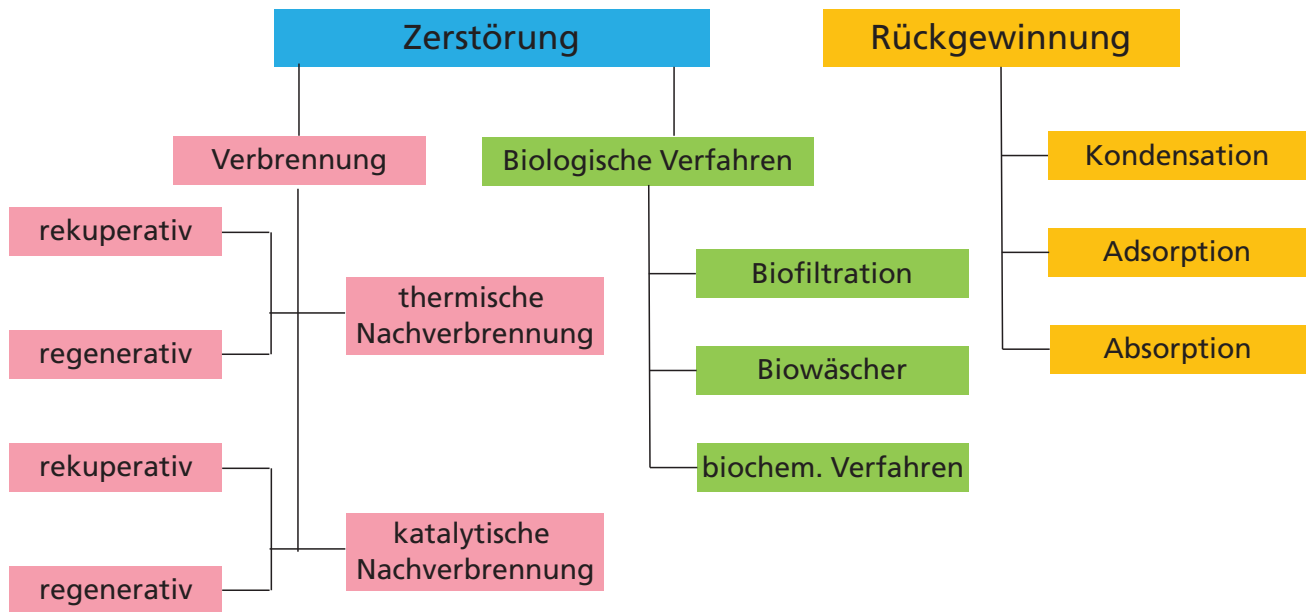
Piezo-Ventile für selektive Beschichtungen

Quelle: Fraunhofer IPA

Einteilung der Maßnahmen

zur Beseitigung von flüchtigen, organischen Verbindungen in Abgasen

- ⇒ Verfahren, die eine Rückgewinnung von VOC aus dem Abgas und deren Wiederverwendung als Lösemittel ermöglichen
- ⇒ Verfahren, bei denen eine irreversible Umwandlung der im Abgas enthaltenen VOC in umweltverträglichere Stoffe stattfindet (wie z.B. Nachverbrennungsverfahren oder biologische Verfahren); dazu werden auch Maßnahmen zur Rückgewinnung von Energie gezählt



Quelle: DFIU-Karlsruhe

Angewandte sekundäre VOC-Minderungsmaßnahmen

Verbrennung

- ⇒ Die thermische Oxidation wird in die **thermische** und **katalytische Nachverbrennung** unterteilt.
- ⇒ Die thermische Nachverbrennung wird meist dann angewendet, wenn eine selektive Abtrennung nicht sinnvoll oder / und eine stoffliche Verwertung im Produktionsprozess nicht erfolgen kann
- ⇒ In Deutschland sind ca. 60 -70 % der sich in Betrieb befindlichen Abgasreinigungsverfahren thermische Nachverbrennungsanlagen
- ⇒ Der Anteil der thermisch rekuperativen und katalytischen Nachverbrennung ist gegenüber der thermisch regenerativen Nachverbrennung (RNV) rückläufig
- ⇒ Nach dem Stand der Technik werden Abscheidegrade von 99,5 – 99,8 % der zugeführten VOC erreicht

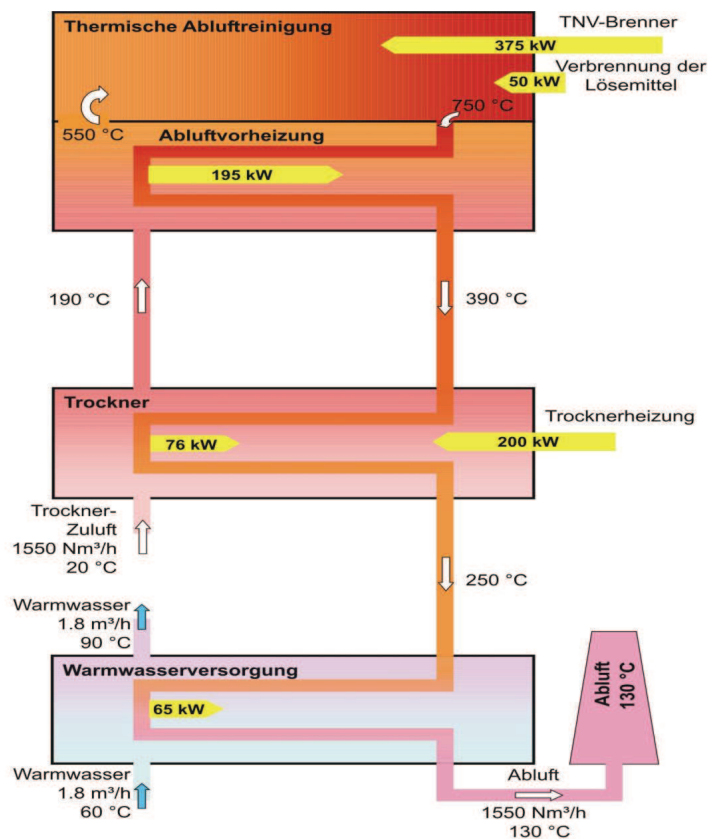
Welches Abluftreinigungsverfahren?

Thermische

Nachverbrennung (TNV)

- ⇒ Häufig angewandtes Verfahren
- ⇒ Verbrennungstemperatur 700-800 °C
- ☺ Bei hohem Lösemittelgehalt autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) 7-8 g/Nm³
- ☺ Geringe Investition
- ☺ Geringer Flächenbedarf
- ☺ Optimal im Energieverbund (Verbraucher notwendig)
- ☹ Hoher Energieverlust wenn Wärmeverbund keine Energie abnimmt
- ☹ Ungeeignet für hohe Luftmengen mit geringer Lösemittelkonzentration

Wärmekaskade in Verbindung mit einer TNV



Welches Abluftreinigungsverfahren?

Regenerative

Nachverbrennung (RNV)

- ⇒ Anwendung nimmt zu
- ⇒ Verbrennungstemperatur 750-820 °C
- ⇒ Autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) ab 1 g/Nm³
- ⇒ 95 % thermischer Wirkungsgrad (Reingastemperatur 60 °C)
- 😊 Bei geringem Lösemittelgehalt autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) > 1 g/Nm³
- 😊 Kein Energieverbund notwendig, 95 % Wirkungsgrad
- 😊 Niedrige Energiekosten
- 😞 Hoher Flächenbedarf
- 😞 Hohe Investitionskosten

Welches Abluftreinigungsverfahren?

Katalytische Oxidation

- ⇒ Anwendung für niedrige Schadstoffkonzentration
- ⇒ Verbrennungstemperatur 200 – 400 °C
- ⇒ Autothermer Betrieb (ohne Zusatzbrennstoff) bei 1 – 3 g/Nm³
- ⇒ Begrenztes Anwendungsspektrum (Katalysator)
- 😊 Hohe Aktivität bei niedrigen Temperaturen
- 😊 Chemische, thermische und mechanische Beständigkeit
- 😊 Hohe Lebensdauer
- 😊 Niedrige Energiekosten
- 😞 Nicht für alle Lösemittel geeignet
- 😞 Möglicherweise schnelle Alterung des Katalysators

Biologische Verfahren

- ⇒ Nur 5 % Marktanteil
- ⇒ Für VOC-Gehalt < 1 % geeignet
- ⇒ Hohe Wirkungsgrad möglich > 99 %
- ⇒ 95 % thermischer Wirkungsgrad (Reingastemperatur 60 °C)

- 😊 Bei geringem Lösemittelgehalt und hohen Luftmengen
- 😊 Niedrige Betriebskosten (nahezu kein Energieverbrauch)

- 😞 Hoher Flächenbedarf
- 😞 Keine Säuren und Laugen einleiten
- 😞 Empfindliche Prozessparameter
- 😞 Mikroorganismen sind spezifisch

LACKIERPROZESSE UND -ANLAGEN GEMEINSAM PLANEN IM TEAM ZU WIRTSCHAFTLICHEN INNOVATIONEN