

Energie nachhaltig reduzieren: Innovative Lackieranlagen für die Schienenfahrzeugindustrie

Werner Durst

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA, Stuttgart

Telefon: 0711 970-1772

Fax: 0711 970-1035

E-Mail: werner.durst@ipa.fraunhofer.de



Gliederung:

1. „Energieschleuder“ Lackieranlage!
2. Energie- Einsparpotenziale bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge
3. Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge
4. IR-Trocknung vs. Umlufttrocknung
5. Weitwurfdüsen vs. Filterdecke
6. Praxisbeispiele innovativer Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge



Energiekosten einer Lackieranlage für Schienenfahrzeuge ohne Einsatz von Energiesparsystemen



Quelle: SLF*

Anlagenmaße:

L = 48 m

B = 6 m

H = 6 m

Anlagendaten:

$\dot{V} = 208.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Energiepreise:

Elektrische Energie = 0,16 €/kWh

Heizenergie = 0,08 €/kWh

Betriebsdauer:

8h / Tag Lackierbetrieb

8h / Tag Trocknungsbetrieb

Energiekosten der Anlage pro Jahr:

Lackierbetrieb: 211.400,-

Trocknungsbetrieb: 145.698,-

Summe: 357.098,-

*die abgebildete Anlage ist nicht identisch mit dem Rechenbeispiel



Energie- Einsparpotenziale bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

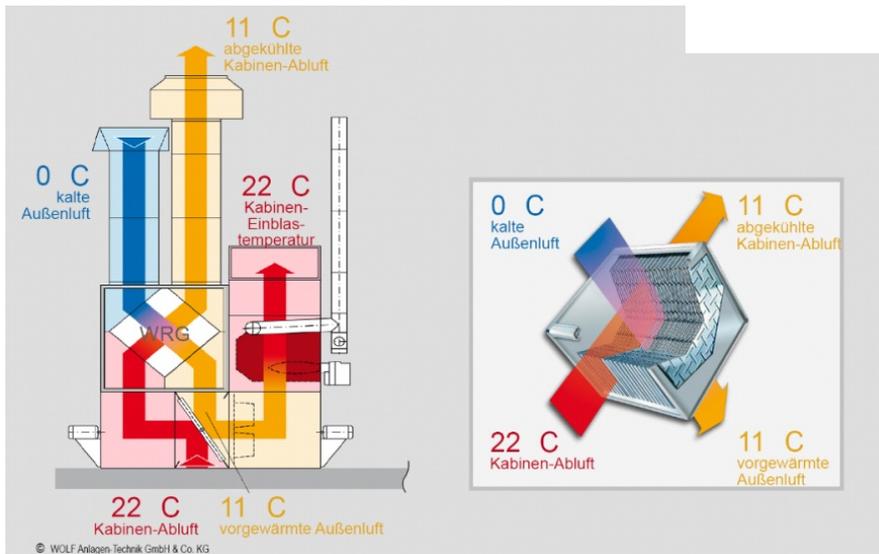
- Isolation der Anlagen verbessern
- Wärmerückgewinnungssysteme einsetzen
- Wirkungsgrade von Ventilatoren und Lufterhitzern verbessern
- Anpassung der Luftmenge an den Betriebszustand



Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

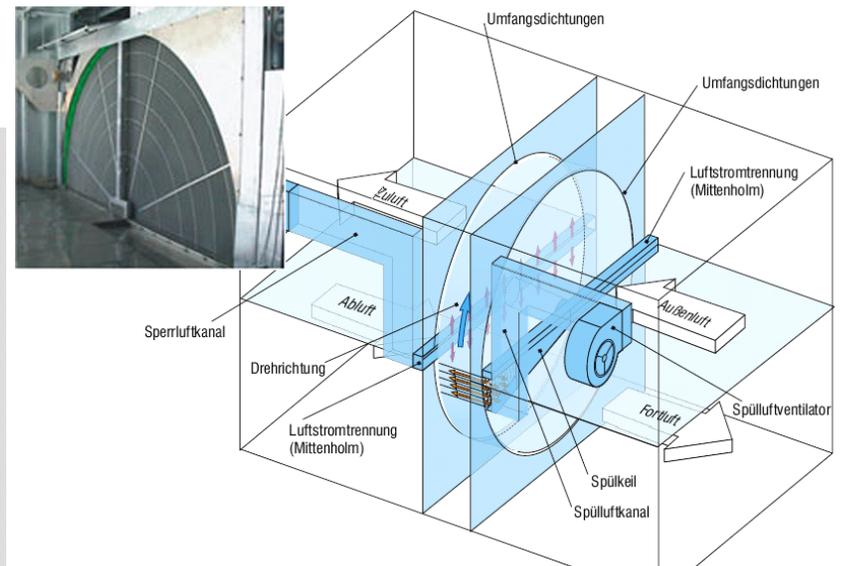
A) Wärmerückgewinnung mittels Kreuzstromwärmetauscher oder mit Rotations-Wärmetauscher

Kreuzstromwärmetauscher



Quelle: Wolf Anlagentechnik

Rotations-Wärmetauscher



Quelle: Lutro



Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

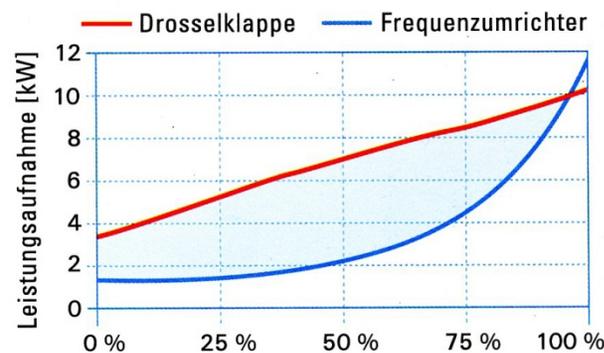
B) Einsatz von frequenzgeregelten Ventilatoren

Vorteile der Frequenzregelung:

- Energieeinsparung (Heiz- und Elektroenergie)
- Sanftanlauf verhindert Stromspitzen
- Anpassung der Luftmenge an den Betriebszustand („Spritzen“, „Ablüften“, „Standby“, „Trocknen“)
- präzise Druckregelung



Frequenzgeregelter Ventilator
(Quelle: Wolf Anlagentechnik)



Vergleich Leistungsaufnahme
eines Motors (Quelle:
Fraunhofer IPA)



Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

C) Direkte Beheizung mit einem Gasflächenbrenner



Feuerungstechnischer Wirkungsgrad des Gasflächenbrenners: ca. 99%

Feuerungstechnischer Wirkungsgrad einer indirekten Beheizung: ca. 90%

Quelle: Lutro



Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

D) Sektionale Lüftung bei einer Lackieranlage für Schienenfahrzeuge



Quelle: Hamburger Hochbahn AG

Lichte Raummaße der Lackieranlage:

$$L = 47 \text{ m}$$

$$B = 5,5 \text{ m}$$

$$H = 4,5 \text{ m}$$

Unterteilung aufgrund der Fahrzeuglängen:

Zone 1: 35 m Länge

Zone 2: 12 m Länge

Vertikale Luftgeschwindigkeit, bezogen auf
leere Kabine: 0,2 m/s

Zuluftmenge Zone 1: 156.000 m³/h

Zuluftmenge Zone 2: 52.000 m³/h



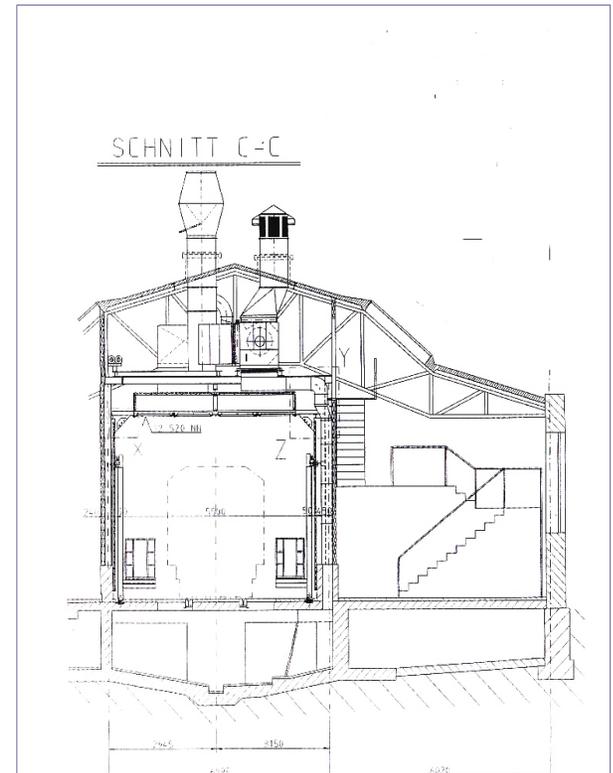
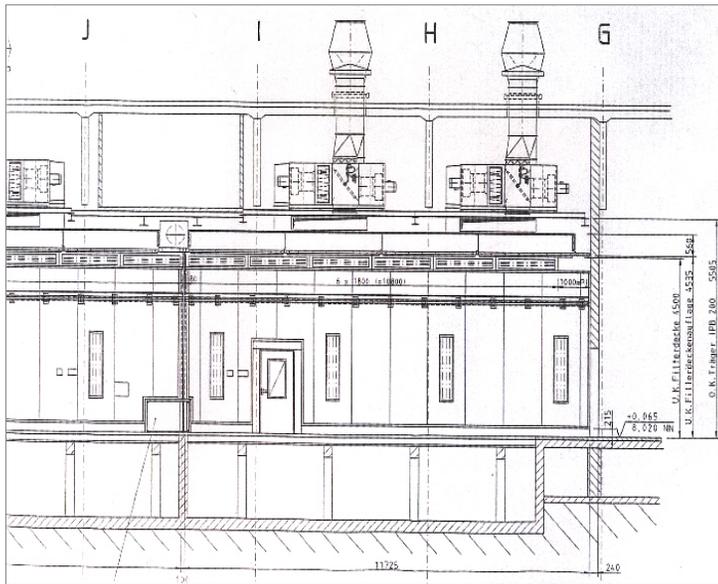
Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

Sektionale Lüftung: 6 Aggregate in Zone 1, 2 Aggregate in Zone 2

Vorteile:

- bei Teillackierungen sind meist nur 2 Aggregate erforderlich
- die Lüftung läuft nur dort, wo lackiert wird
- Einsparung von Heiz- und elektrischen Energie durch sektionale Lüftung:

ca. 60%
gegenüber
Vollastbetrieb



Übersicht der Energiesparsysteme bei Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge

- Wärmerückgewinnung (WRG)
- Luftmengenregelung über frequenzgesteuerte Ventilatoren (FU)
- Direkte Beheizung mittels Gasflächenbrenner (GFB)
- Sektionale Lüftung

Gesamteinsparung: > 50%



Energiekosten einer Lackieranlage für Schienenfahrzeuge mit Wärmerückgewinnung und mit Leistungsregelung



Quelle: SLF

Anlagendaten:

$\dot{V} = 208.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Energiepreise:

Elektrische Energie = 0,16 €/kWh

Heizenergie = 0,08 €/kWh

Betriebsdauer:

8h / Tag Lackierbetrieb

8h / Tag Trocknungsbetrieb

Energiekosten der Anlage pro Jahr:

€ 222.901,-

Einsparung gegenüber der Anlage ohne

Einsatz von Energiesparsystemen:

€ 134.197,- = ~40%

Anlagenmaße:

L = 48 m

B = 6 m

H = 6 m



IR-Trocknung vs. Umlufttrocknung



Quelle: L-Tec

$\dot{V}_{\text{Umluft}} = 173.000 \text{ m}^3/\text{h}$, $\dot{Q}_{\text{max}} = 200 \text{ kW}$,
 $T_{\text{Umluft}} = 20^\circ\text{C}$, $N_{\text{el}} = 100 \text{ kW}$

Trocknungszeit: 1 h

Energiekosten: 50,- €

Trocknungsportal ist auf Waggongröße
anzupassen!



Quelle: Fraunhofer IPA

$\dot{V}_{\text{Umluft}} = 173.000 \text{ m}^3/\text{h}$, $\dot{Q}_{\text{max}} = 1.140 \text{ kW}$,
 $T_{\text{Umluft}} = 40^\circ\text{C}$, $N_{\text{el}} = 100 \text{ kW}$

Trocknungszeit: 6 h

Energiekosten: 510,- €

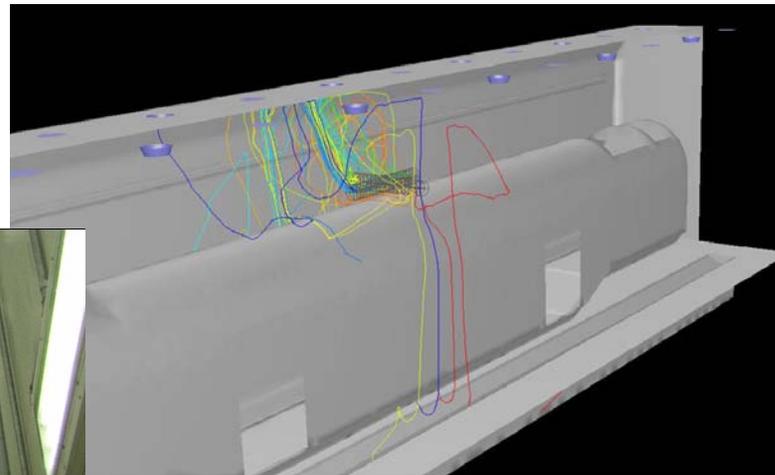
Energiepreise: 0,08 €/kWh (Gas); 0,16 €/kWh (Strom)



Weitwurfdüsen vs. Filterdecke in Lackieranlagen für Schienenfahrzeuge



Visualisierung der Luftströmung mittels Nebelfluid in einer Lackieranlage für Schienenfahrzeuge



Visualisierung der Luftströmung in der Simulation mittels Stromlinien

Quelle: Fraunhofer IPA

Weitwurfdüsen	Filterdecke
Energieeinsparung durch geringere Luftmengen	Höhere Luftmengen erforderlich
Indifferente Luftströmung, z.T. Aufwärtsströmung	Gerichtete Strömung rund um das Fahrzeug



Praxisbeispiel: Roboter-Lackieranlage für Eisenbahnwaggons



- vollautomatische Roboterlackieranlage
- zentrale Farbversorgung
- mitfahrende 2K-Dosieranlage
- 2K-Elektrostatikapplikation
- sektionale Kabinenbelüftung
- volle Luftleistung in der Lackierzone
- jeweils 50% Luftleistung vor und nach der Lackierzone
- Energieeinsparung: ca. 60% im Vergleich zum Vollastbetrieb
- Umluftbetrieb wäre möglich: dann ca. 80% Energieeinsparung

Quelle: b + m surface systems GmbH



Praxisbeispiel: Energiebetrachtung bei Einsatz von Wärmerückgewinnung und Befeuchtung



Lackieranlage für Schienenfahrzeuge Stadtwerke München

3 Abschnitte mit je: 13,5 x 5,6 x 6,2 m (L x B x H)

$V = 0,22 \text{ m/s}$, $\dot{V} = 3 \times 60.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Luftbefeuchtung auf 22°C, 45% r. F.

Wärmerückgewinnung mit
Plattenwärmetauschern.

Winterbetrachtung: Kondensatanfall beim
Abkühlen der Rückluft, Freiwerden von
Verdampfungsenergie → weitere Abkühlung
der Abluft

Wirkungsgrad der WRG mit Kondensation:
ca. 55%.

Jahresmittelbetrachtung: Kondensat und somit
Verdampfungsenergie wird nicht frei.
Wirkungsgrad der WRG: ca. 50%.

Quelle: Wolf Anlagentechnik

