
Mit innovativer Pulverlackiertechnik die Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit verbessern

Ulrich Strohbeck, Markus Cudazzo, Karlheinz Pulli, Harald Vogelsang

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA, Stuttgart

- Marktsituation
- Innovative EPS-Technik für effizientere Pulverapplikation
- Pulverlack-Anwendungen mit Wachstumspotenzial
- Neue Anlagenkonzepte mit pistolenloser Pulverapplikation

Wirtschaftliche Vorteile der Pulverlackierung

- 😊 Pulverbeschichtungsanlagen nicht genehmigungsbedürftig gemäß 31. BImSchV
- 😊 Geringere Investitions- und Betriebskosten
 - ⇒ Hochbeanspruchbare dekorative Beschichtungen mit Einschicht-Pulverlackierung statt Mehrschicht-Nasslackierung
- 😊 Geringere Lackmaterialkosten
 - ⇒ Minimierter Lackmaterialverlust durch Pulverkreislaufführung
- 😊 Geringere Wartungs- und Entsorgungskosten
 - ⇒ keine flüssiglacktypischen Abfälle (Lackschlamm, Trockenfilter, Gitterrostentlackung etc.)
- 😊 Geringere Personalkosten
 - ⇒ hoher Automatisierungsgrad möglich (keine Läuferbildung!)
- 😊 Geringere Fertigungskosten
 - ⇒ Teile nach Einbrennen sofort weiter verarbeitbar

Hemmnisse bei der Marktentwicklung

-  **Applikationstechnische Schwachstellen der Pulverlackierung**
-  Partikelgrö ßenseparierung bei der Pulverapplikation
-  Örtliche und zeitliche Schichtdickenschwankungen
-  Parasitäre Elektrostatikeffekte
-  Hohe Overspraymengen
-  Selektive Beschichtung nur mittels Maskierungsarbeiten
-  Keine Feinstbeschichtungen
-  Begrenzte Beschichtungsgeschwindigkeit

Partikelgröbenseparierung bei der Pulverapplikation

Stoke'sche Reibungskraft (Luftkraft)

$$F_S = -6 \cdot \pi \cdot \eta_L \cdot \Delta v \cdot r$$

Elektrische Feldkraft

$$F_E = q \cdot E$$

$$q_{\max} = 4\pi r^2 \cdot (3 \varepsilon_0 \varepsilon_r / (\varepsilon_r + 2)) \cdot E$$

Schwerkraft

$$F_G = 4\pi r^3/3 \cdot \rho \cdot g$$

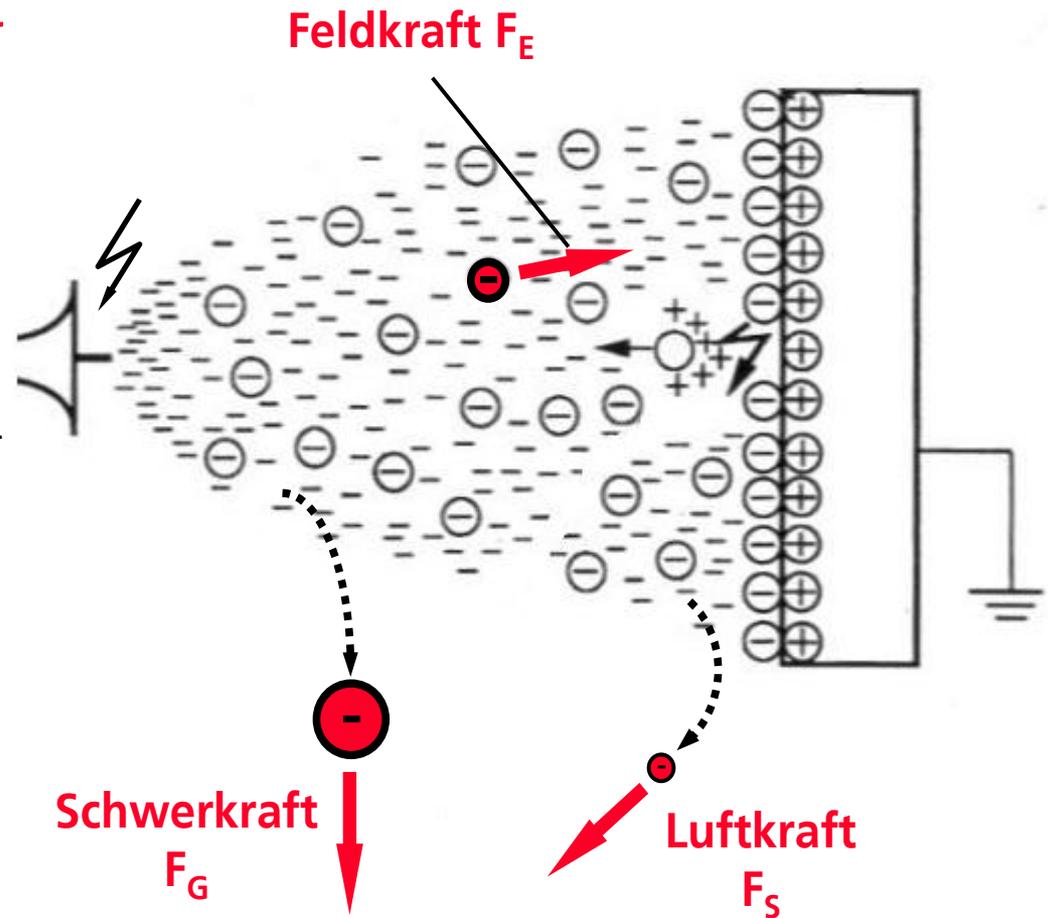
ε_0 : Permittivität des Vakuums

$(8,86 \cdot 10^{-12})$ [As/Vm]

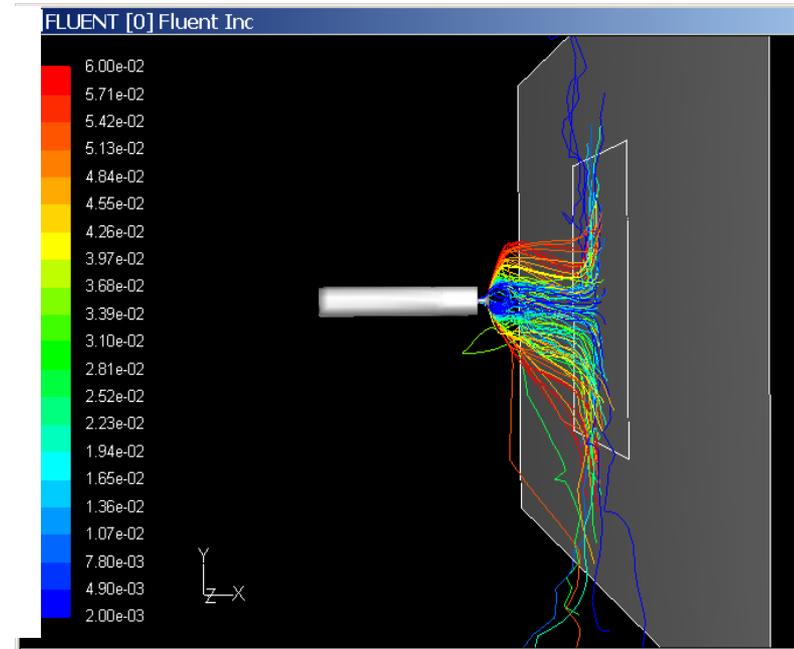
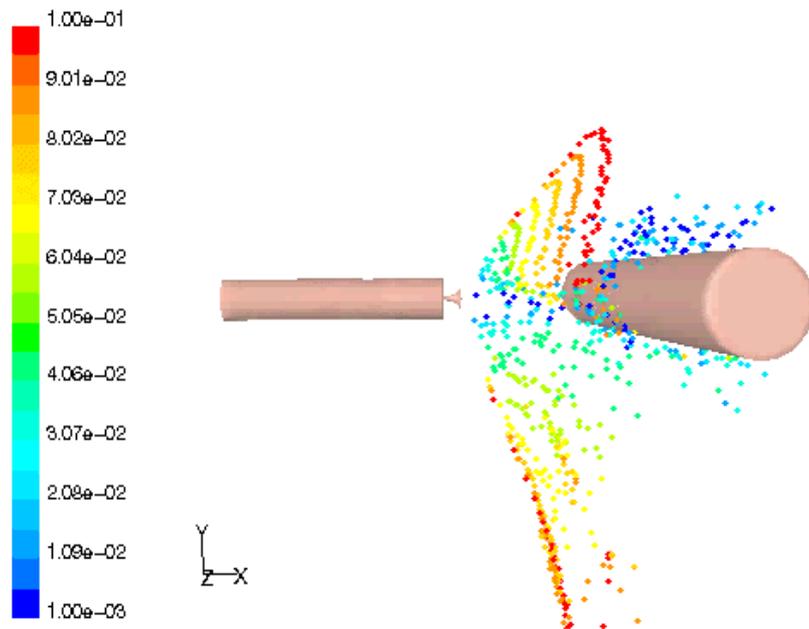
ε_r : relative Permittivität

(bei Pulverlacken: 2...4)

E_A : Feldstärke im Aufladegebiet [V/m]



PartikelgröBenseparierung bei der Pulverapplikation



Numerische Simulationen am Fraunhofer IPA (Beispiele)

Hemmnisse bei der Marktentwicklung

 **IST-Pulverlack-Einbrenntemperaturen meist über 160 °C**

 Holzwerkstoffteile

 Kunststoffteile

 Bauteile mit wärmeempfindlichen Komponenten

 Massereiche Bauteile

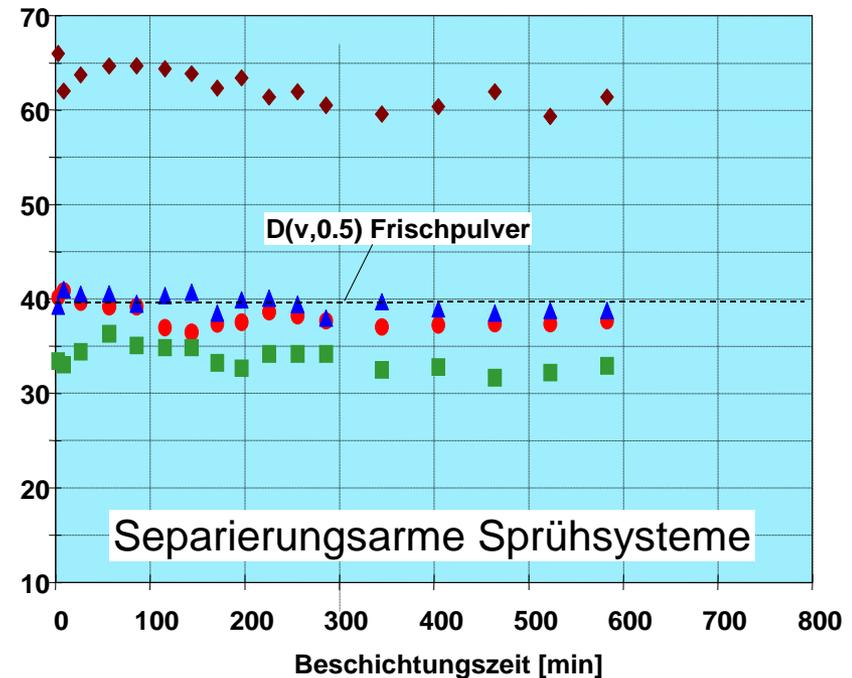
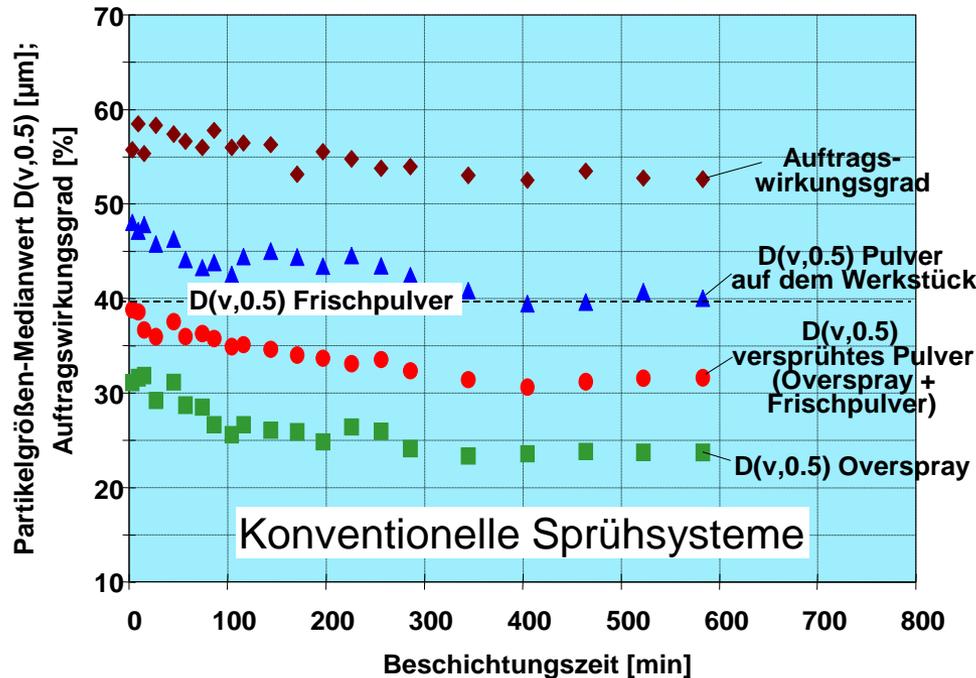
 **Elektrisch geringleitfähige Substrate**

 zusätzliche Prozesse erforderlich (Substratmodifikation, leitfähige Vorbehandlung etc.)

Innovative EPS-Technik für effizientere Pulverapplikation

Einsatz separierungsarmer Pulversprühsysteme

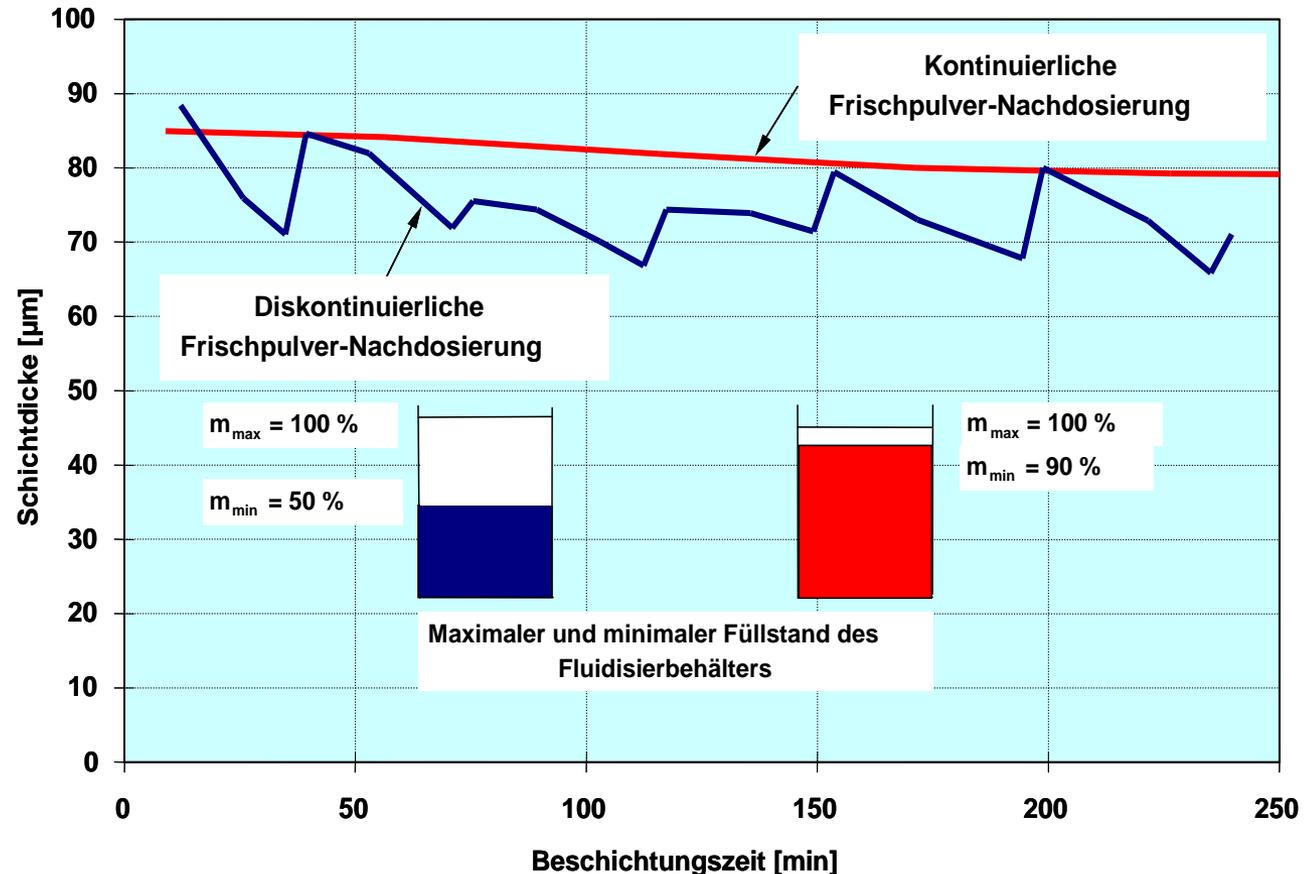
Ergebnisse von Kreislaufversuchen im Pulverlackiertechnikum des Fraunhofer IPA



Minimiertes Abdriften der Partikelgrößenverteilung und des Auftragswirkungsgrades beim Pulverkreislauf

Kontinuierliche automatische Frischpulver-Nachdosierung

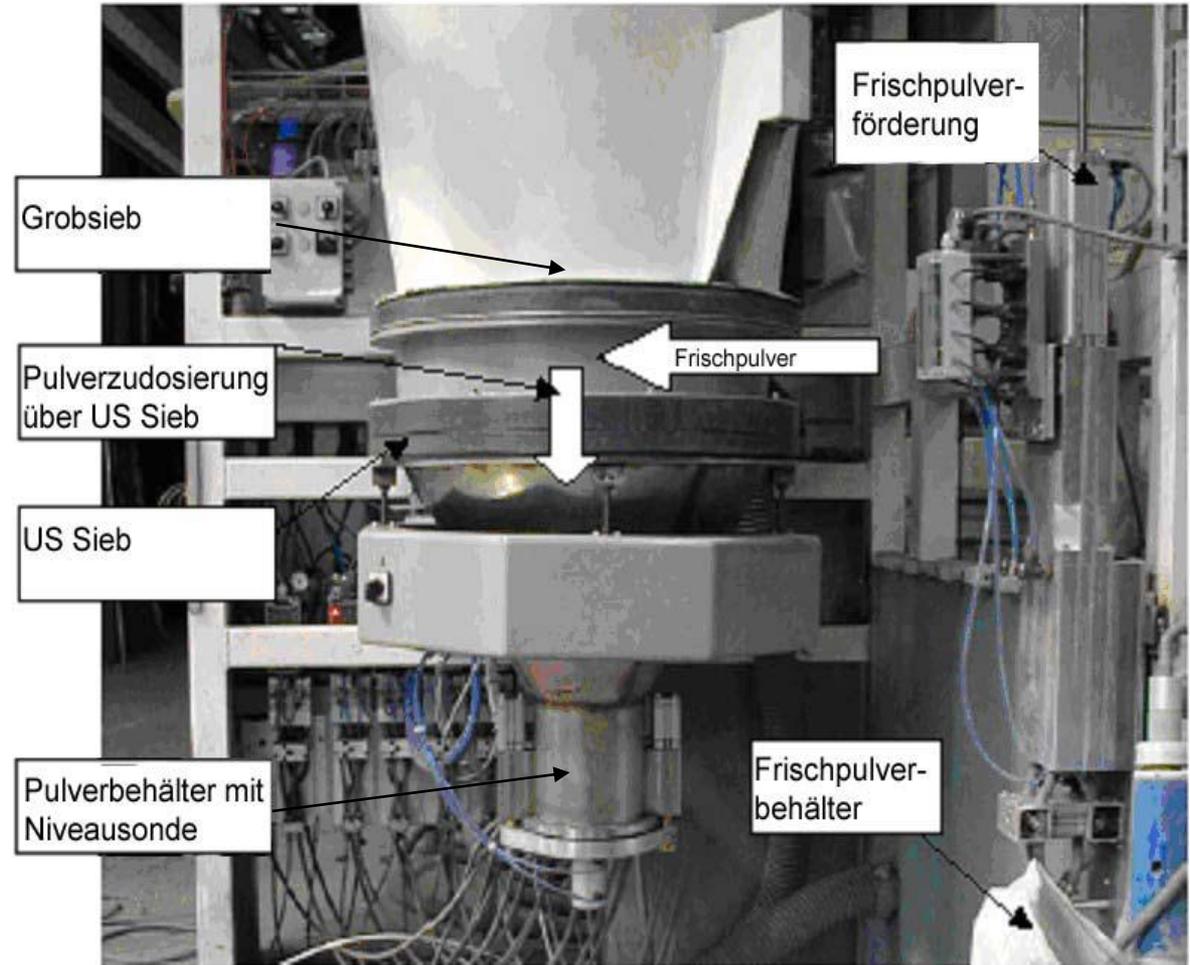
Verhinderung von Schichtdicken-schwankungen infolge der Anreicherung von feinem Recyclingpulver im Fluidisierbehälter



Exemplarische Ergebnisse von Kreislaufversuchen im Pulverlackiertechnikum des Fraunhofer IPA

Kontinuierliche automatische Frischpulver-Nachdosierung

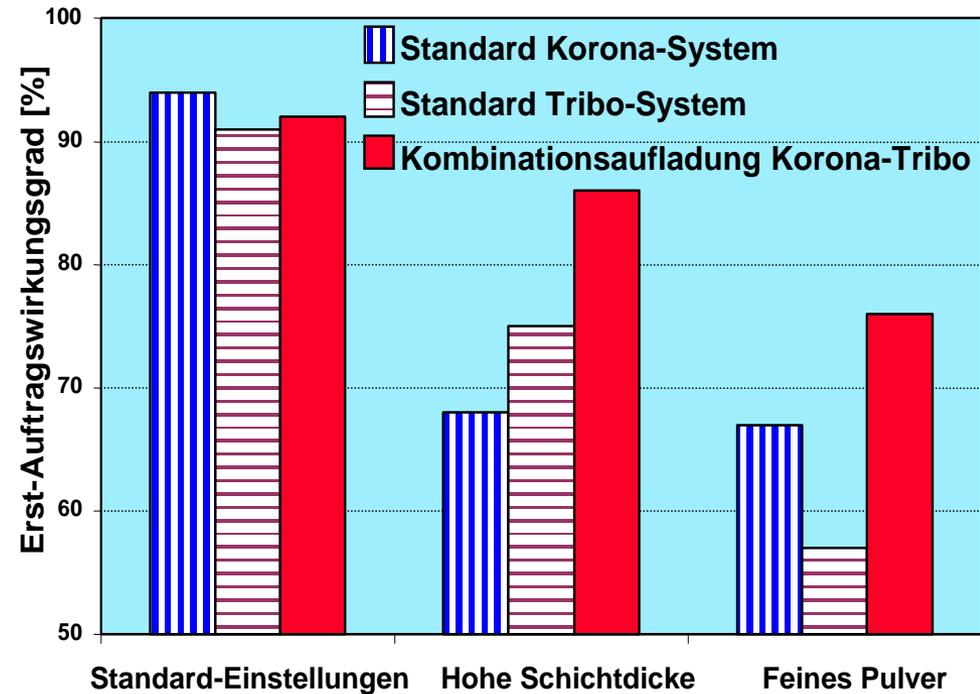
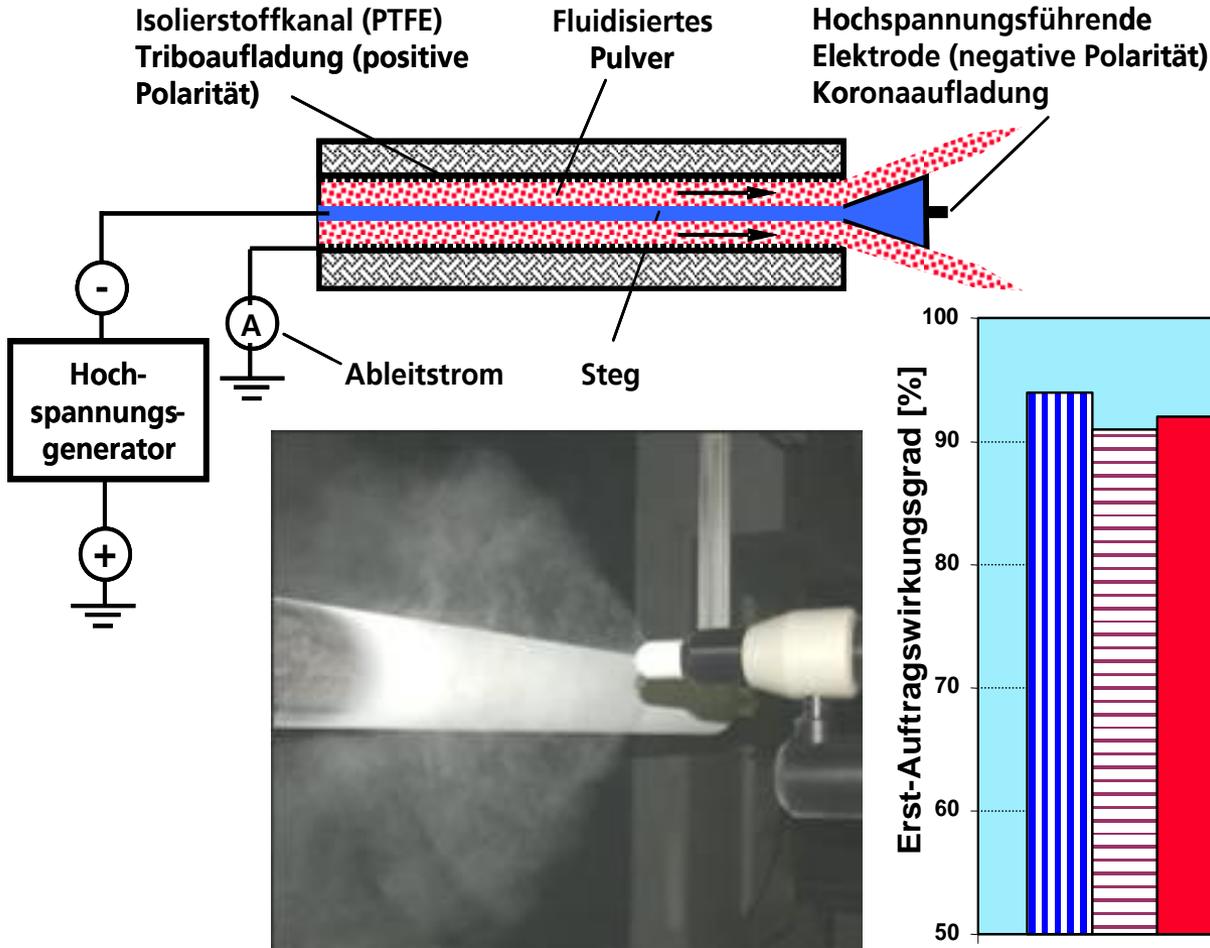
Minimiertes Pulverbehältervolumen (wenige Liter), um schnell stationären Pulverzustand zu erreichen



Quelle: Ramseier Technologies

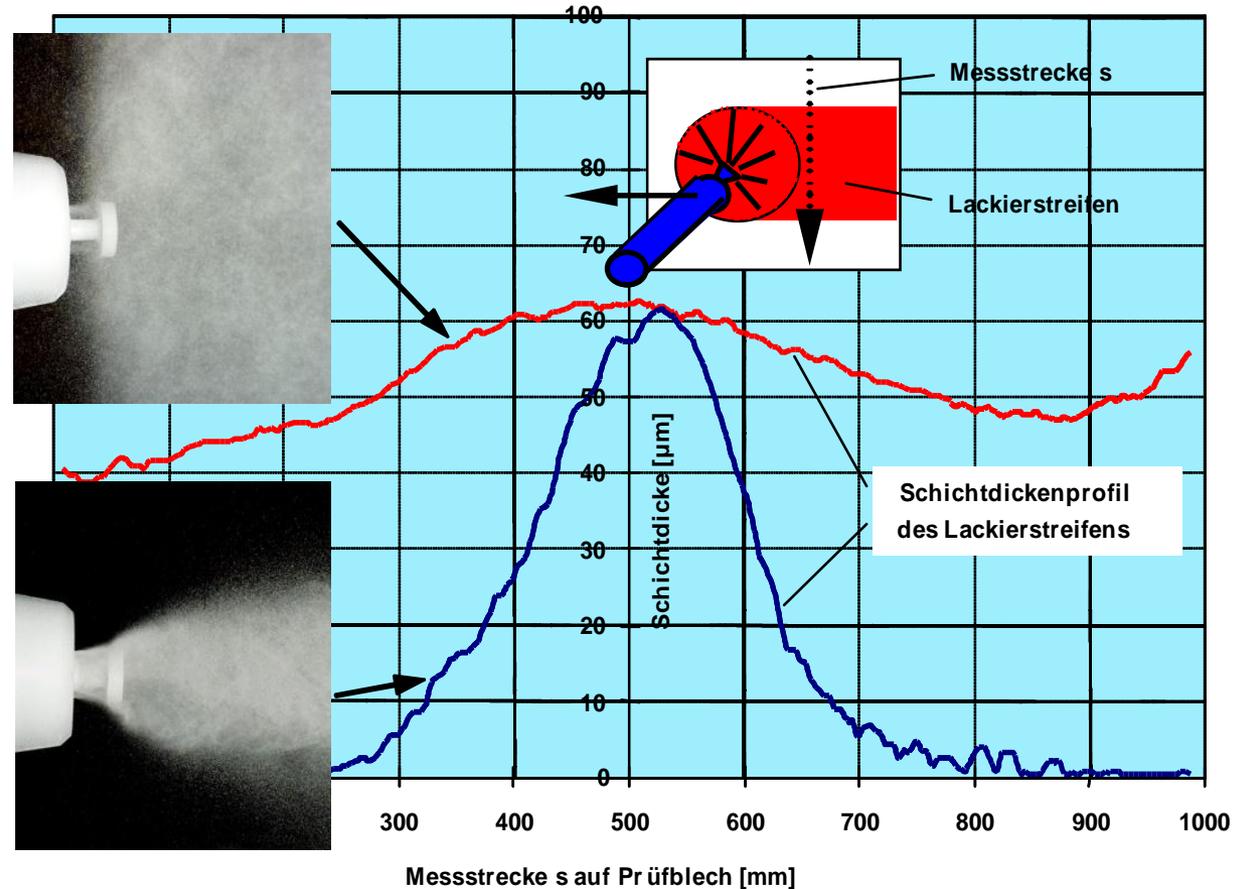
Innovative EPS-Technik für effizientere Pulverapplikation

Pulversprühpistole mit kombinierter Korona-Tribo-Aufladung



Pulversprühpistole mit stufenlos verstellbarem Rundstrahl

- 😊 Stufenlose Sprühstrahl-Anpassung
- ⇒ weniger Overspray
- ⇒ gleichmäßigere Schichtdicken
- ⇒ Weniger Pulververbrauch
- ⇒ Höhere Qualität
- ☹ z.T. erhöhter Luftverbrauch

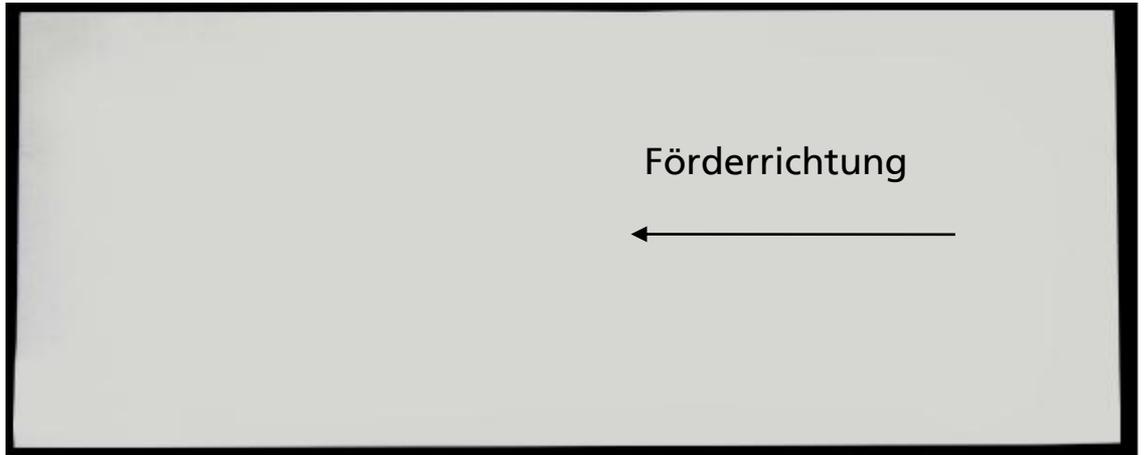
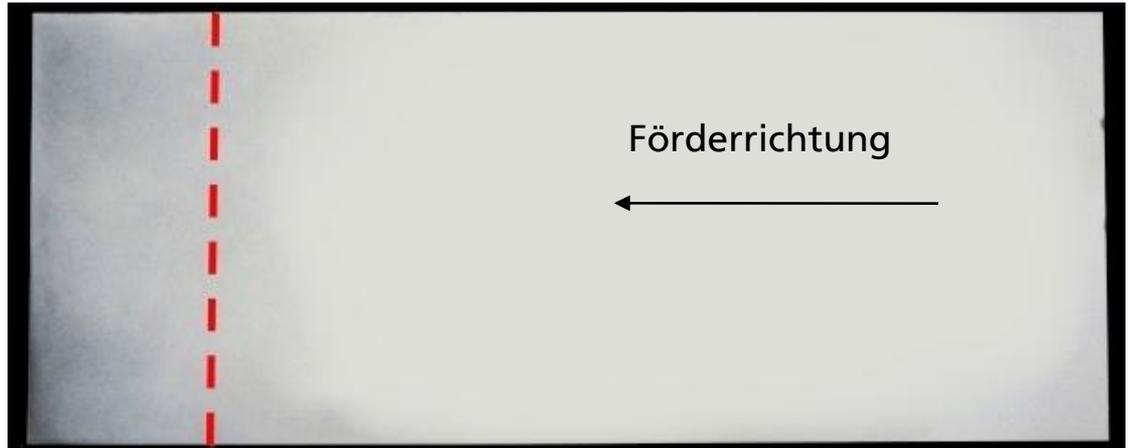


Pulversprühpistole mit gepulster Hochspannung

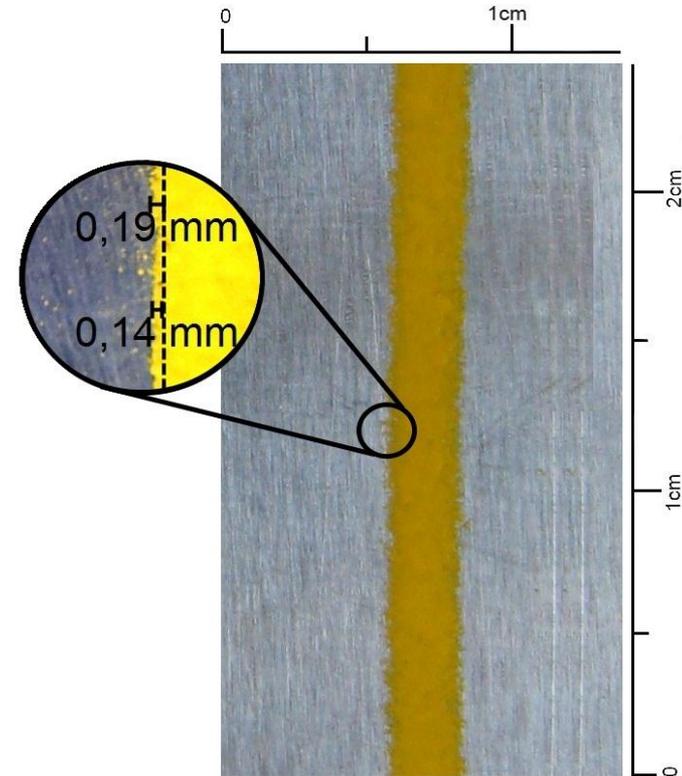
Pulverbeschichtung mit
Gleichspannung

Pralltellerdüse
Blech 200 mm x 500 mm
(Beispiel)

Pulverbeschichtung mit
gepulster Hochspannung



Pulver-Airbrushsystem zur selektiven Beschichtung



Ausführungsformen mit spezieller Rundstrahldüse für punkt- und konturgenaue Feinstbeschichtungen mit einem Unschärfebereich kleiner 0,2 mm (ZAFT Dresden)

Pulver-Airbrushsystem zur selektiven Beschichtung



Ausführungsform mit spezieller Flachstrahldüse zur selektiven Beschichtung schmaler Flächen (Fraunhofer IPA)

Pulverlack-Anwendungen mit Wachstumspotenzial

Pulverbeschichtung von Großteilen

- Gitterbinder
- LKW-Träger
- Baumaschinen
- Maschinenbauteile
- Schiffbau
- Brückenbau
- Statoren für Windräder

Entwicklungsbedarf

- Absenkung der Einbrenntemperaturen
- Zweischichtauftrag (Grundierung + Decklack) ohne Zwischeneinbrennen



Bauteile mit wärmeempfindlichen Komponenten

- Fertig montierte Elektromotoren
- Automobil-Kühler
- Gasdruckfedern
- Stoßdämpfer
- Türschließer
- Sandwichplatten

Entwicklungsbedarf

- NT-Pulverlacke
- UV-Pulverlacke



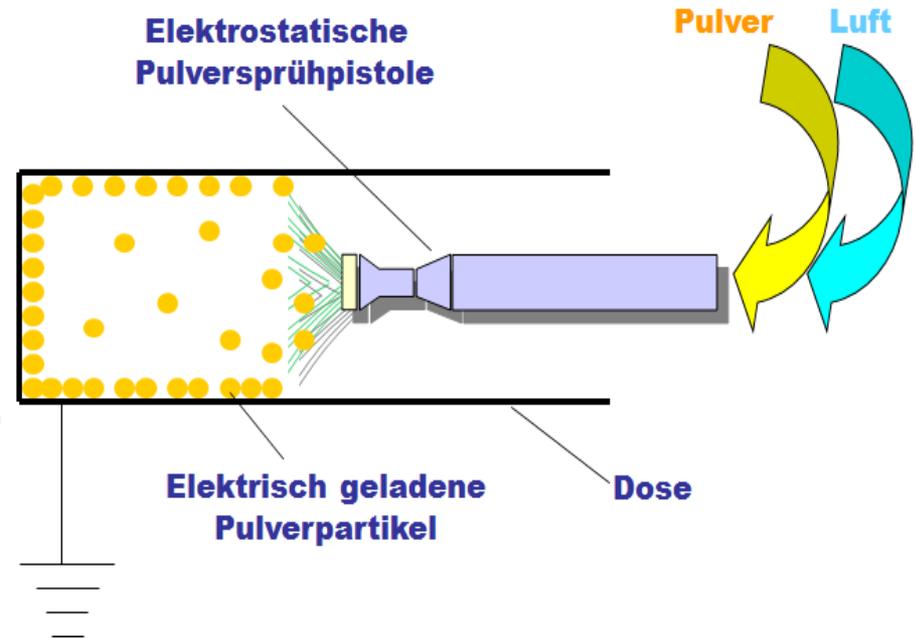
Innenbeschichtung von Dosen und Tuben

Vorteile gegenüber bisheriger Flüssiglackierung

- ☺ Wegfall von Lösemittel-emissionen
- ☺ Keine TNV erforderlich
- ☺ Höhere Materialeffizienz
- ☺ Günstigere CO₂-Bilanz
- ☺ Kompaktere Öfen

Anforderungen an das Pulver

- Enges Partikelgrößenspektrum (dünne Schichten)
- Chemische Beständigkeit
- Umformstabil
- Steuerbare Aufladung



Quelle: Tiger

Pulverbeschichtung von Kunststoffteilen

■ Kunststoffmaterialien mit leitfähigen Zuschlagstoffen

- ⇒ EP-Harz-getränkte Carbonfasermatten
- ⇒ PA 6 bzw. PA 66 Compounds
- ⇒ PPE/PA-Blends

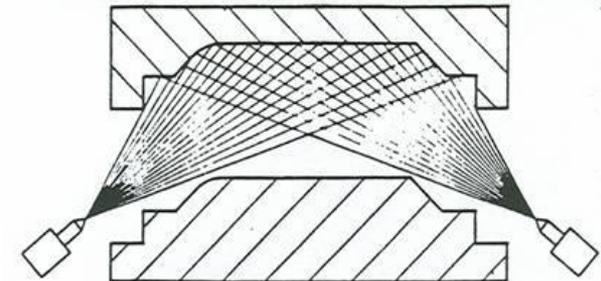


■ leitfähig vorbehandelte Kunststoffteile

- ⇒ z.B. glasfaserverstärktes, temperaturbeständiges PA



■ Inmould-Pulverbeschichtung von SMC



Kunststoffe mit leitfähigen Zuschlagstoffen

- 😊 Permanente Leitfähigkeit,
- 😊 Belastbar je nach Substratmaterial bis über 200°C
- ☹️ Verbundsystem Kunststoffsubstrat / Pulverlackschicht z.T. kritisch (Haftung, Verformbarkeit, Schlagzähigkeit, Maßhaltigkeit)
- ☹️ Gefahr von Ausgasungen, d.h. Tempern erforderlich
- ☹️ Hohe Materialkosten



Lackierfehler durch Ausgasung aus Kunststoffsubstrat beim Einbrennen

Kunststoffe mit leitfähigen Zuschlagstoffen



EP-Harz-getränkte
Carbonfasermatten
(Prepreg)



⇒ Motorrad-Ver-
kleidungsteile



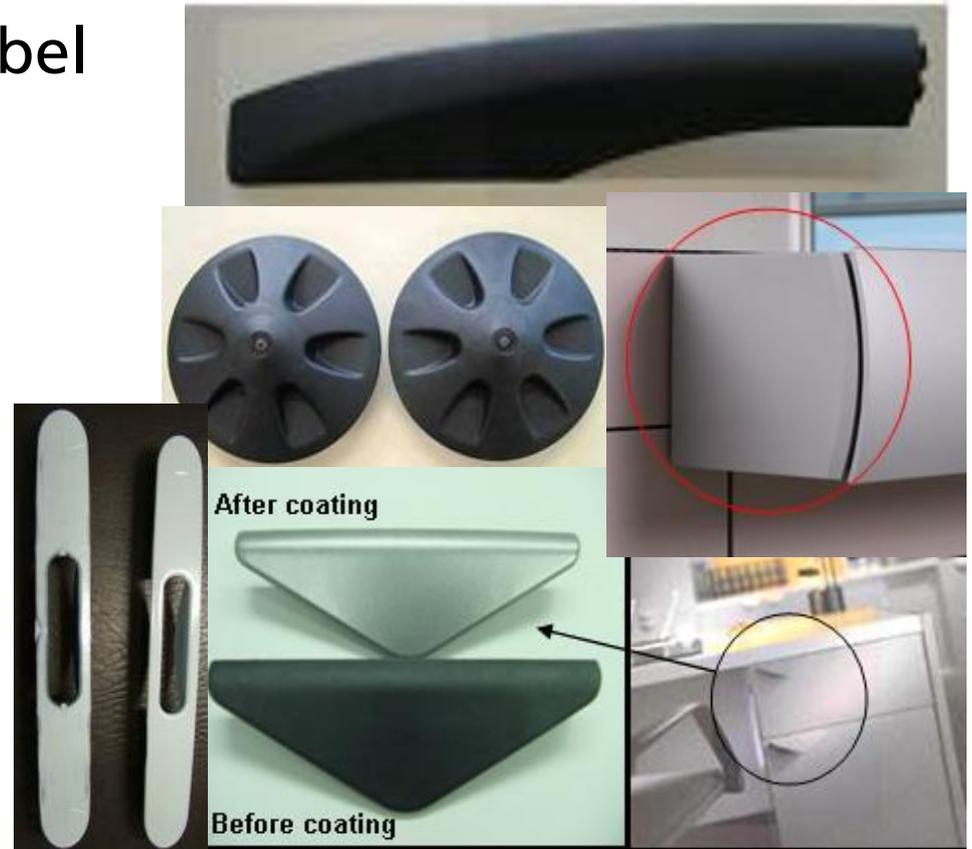
⇒ Medizinische
Prothesen

Quelle: Tiger

Kunststoffe mit leitfähigen Zuschlagstoffen

■ PPE/PA-Blends, leitrußgefüllt („Noryl GTX“)

- ⇒ Seitenteile für Kleinmöbel
- ⇒ Leuchtenabdeckungen
- ⇒ Möbel-Kleinteile (Griffe)
- ⇒ Endkappen für Sonnenschirme
- ⇒ KFZ-Dachträger-elemente



Quelle: GE

Kunststoffe mit leitfähigen Zuschlagstoffen

- **PA 6 bzw. PA 66 Compounds, z.B. mit Kohlefasern, Kupferpartikeln, leitfähigen Keramikpartikeln, Leitruß**
 - ⇒ Markisen-Abdeckungen
 - ⇒ Außenleuchten
 - ⇒ Halterungen (Heizkörper, Glaskonsolen)
 - ⇒ Duschkabinen-Verbindungselemente
 - ⇒ Thermometergehäuse
 - ⇒ KFZ-Teile (Tankklappen, Radkappen)

Leitfähig vorbehandelte Kunststoffteile

■ Skibindungen (Tyrolia): glasfaser- verstärktes PA (beständig bis 160 °C)

- ⇒ Applikation einer dünnen leitfähigen Polymerschicht im Tauchverfahren
- ⇒ forciertes Trocknen der Leitschicht
- ⇒ Elektrostatische Pulverbeschichtung (Hybridpulver); Schichtdicke 80–160 µm
- ⇒ Einbrennen bei 160 °C / 20 min

■ Bürostühle, Automobilteile (USA)

- ⇒ PA, PBT, RIM, HT-PC, SMC
- ⇒ Prozess ähnlich Tyrolia



Flachglas im Außen- und Innenarchitekturbereich

Prozessablauf (2 – 3 m/min)

- Reinigung und Waschen
- Beflammung
- Auftrag von Silanprimer (flüssig)
- Pulverbeschichtung (Flachbeschichtung mit EPS; 80 – 100 µm)
- IR-Aushärtung der Pulverschicht
- Abkühlen
- Dekor / Beschriftung mittels Thermosublimation oder Digitaldruck

F&E -Bedarf

- verbesserte Außenbeständigkeit
- Haftungsverbesserung



Quelle:
Engel

Beidseitige Beschichtung von Holzwerkstoffplatten

- 😊 Kosten-, Design- und Funktionsvorteile
- 😊 hohe mechanische und chemische Beständigkeit
- ☹ Mehrkosten für leitfähige Holzwerkstoffplatten
- ☹ Ausgasungsproblematik
- ☹ Rissgefahr an Schmalflächen



Quelle:
Tiger

Beidseitige Beschichtung von Holzwerkstoffplatten

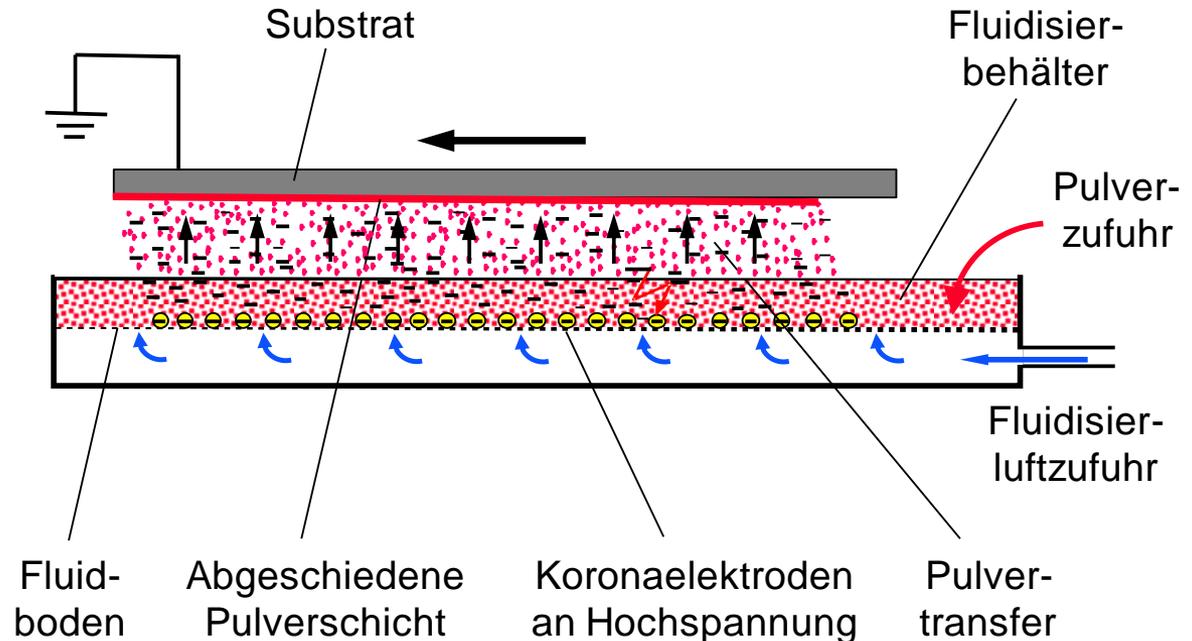
- **Zweischicht-Pulverlackierung (Struktur bzw. Hochglanz):**
 - ⇒ Grundierung: Hybridpulver; Einbrennen (IR) 3 min; 150 °C
Oberflächentemperatur
 - ⇒ Decklack: Hybrid-Mikrostruktur- bzw. Hochglanzpulver; Einbrennen (IR) 3 min; 150 °C
Oberflächentemperatur
 - ⇒ Hochglanzpulver: Schleifen und Polieren; Strukturpulver optional
zusätzlich Flüssigklarlack luftgetrocknet und poliert



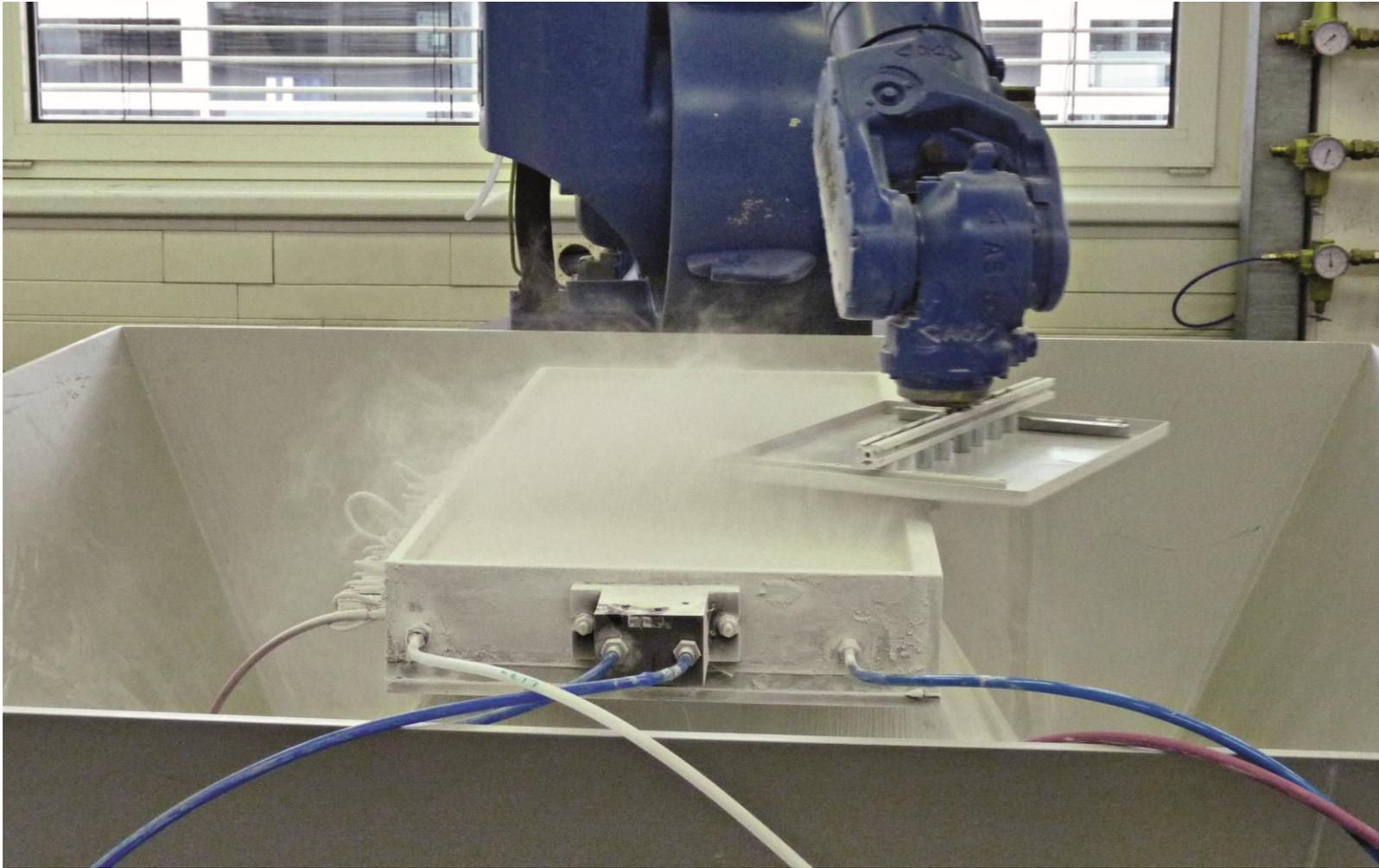
Neue Anlagenkonzepte mit pistolenloser Pulverapplikation

Pistolenloses TransApp[®]- Pulverbeschichtungsverfahren

- Geschwindigkeit bis $> 2 \text{ m/s}$
- Extrem kompakt
- Druckluftverbrauch und Absaugleistung weniger als 1/3 einer vergleichbaren EPS-Anlage
- keine Lackierbahnüberlappung
- Geringe Wartungskosten

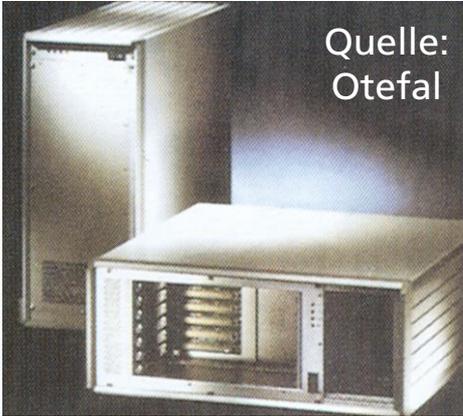


Pistolenloses TransApp[®]- Pulverbeschichtungsverfahren



Neue Anlagenkonzepte mit pistolenloser Pulverapplikation

TransApp[®] - Anwendungspotenzial Precoating



Quelle:
Otefal

Blechgehäuse



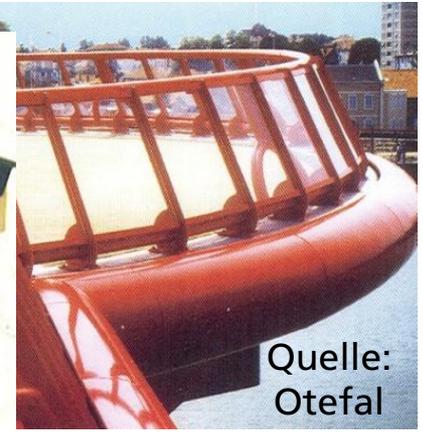
Fassaden

Quelle: Otefal



Sandwich- elemente

Quelle: Tiger Profiles



Quelle:
Otefal

Metallbau



Quelle: Otefal

Nutzfahrzeuge



Quelle:
Studio Hausen

Metallmöbel



Automobil-Anbauteile

Vorteile Precoating gegenüber Stückgutbeschichtung

- Höherer Flächendurchsatz

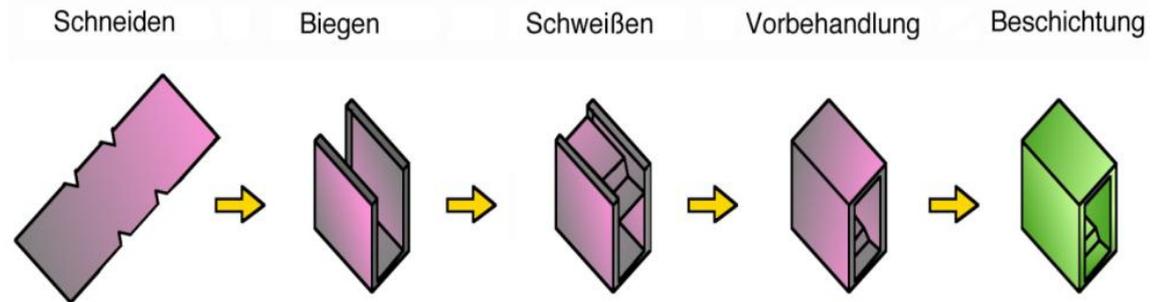
- Kompaktere Anlage

- Gleichmäßigere Schichtdicke (Lackeinsparung)

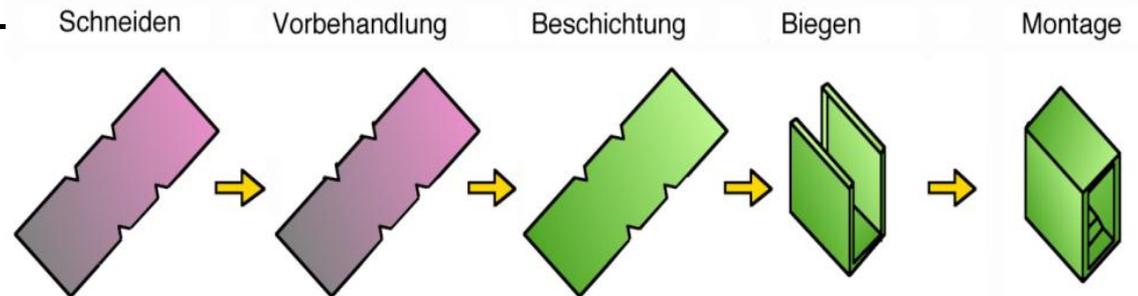
- Weniger Ressourcenverbrauch

- Weniger Personal

Stückgutbeschichtung (Post-Coating-Konzept)



Platinen-Beschichtung (Pre-Coating-Konzept)



TransApp[®]- Anwendungspotenzial Precoating von Platinen



Stark vereinfachtes Konzept einer wandlungsfähigen Anlage zur Pulverbeschichtung von bereits vorbehandelten Blechzuschnitten (Platinen)

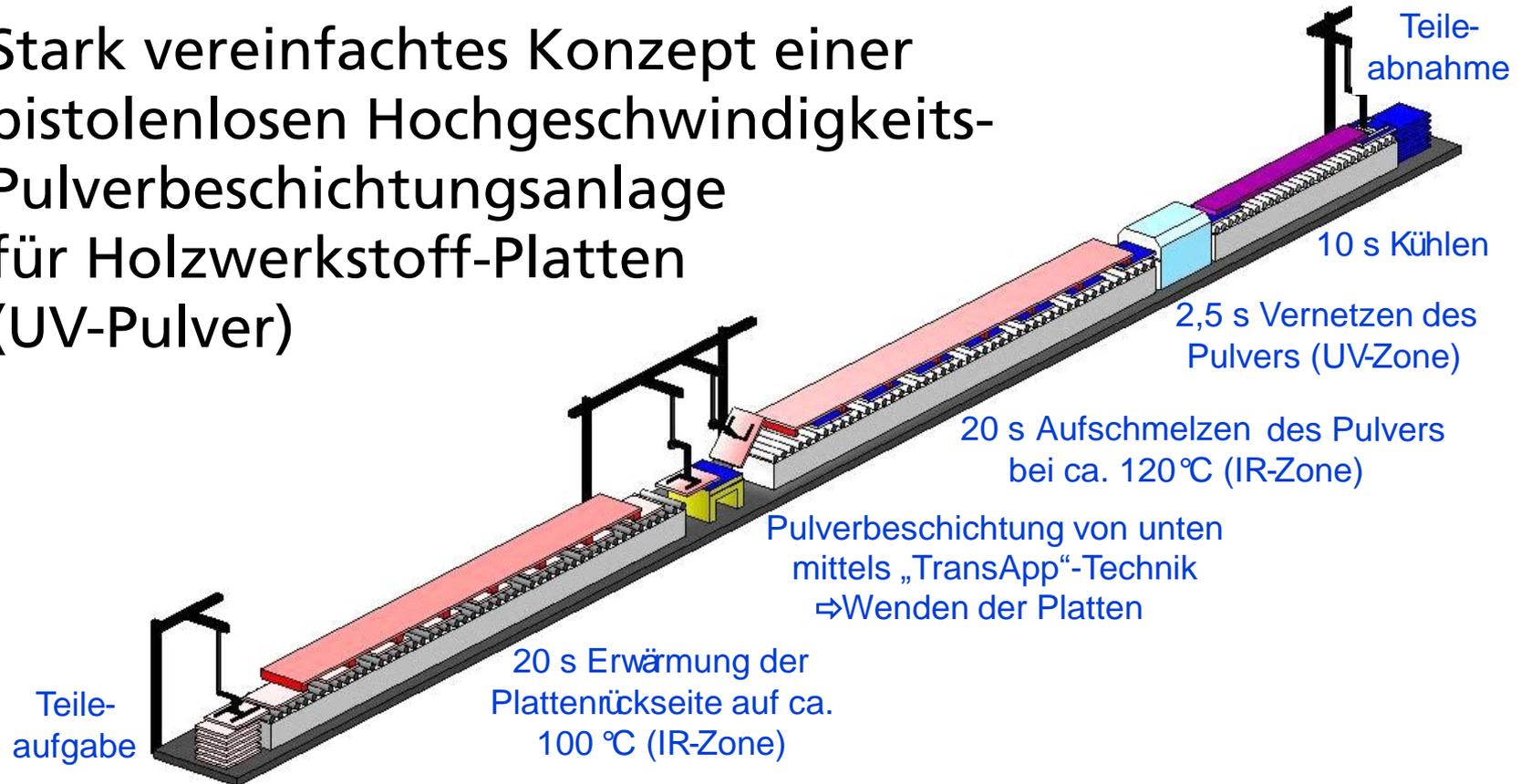
TransApp[®]- Anwendungspotenzial Bandbeschichtung



Stark vereinfachtes Konzept einer Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtungsanlage für Coil

TransApp[®]- Anwendungspotenzial Holzwerkstoffplatten

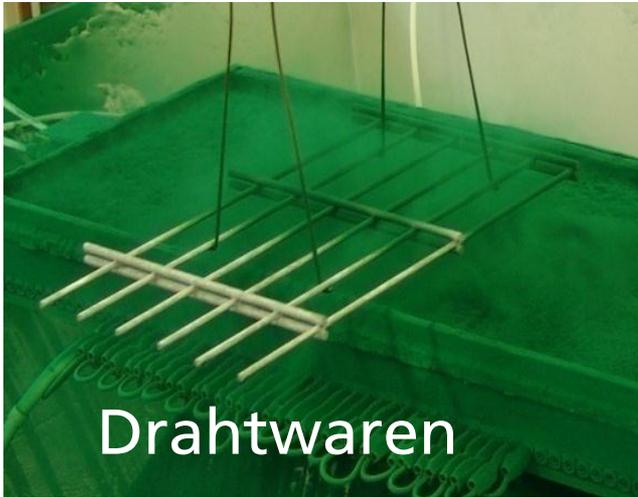
Stark vereinfachtes Konzept einer pistolenlosen Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtungsanlage für Holzwerkstoff-Platten (UV-Pulver)



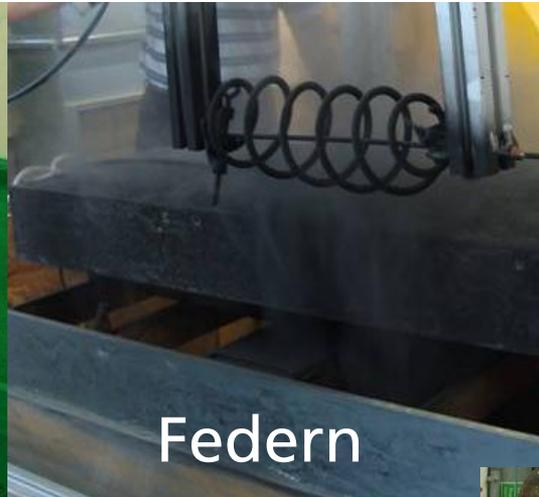
Anlagen-Gesamtlänge: ca. 70 m; Fördergeschwindigkeit: 1 m/s

Neue Anlagenkonzepte mit pistolenloser Pulverapplikation

TransApp[®]- Anwendungspotenzial 3-D-Teile



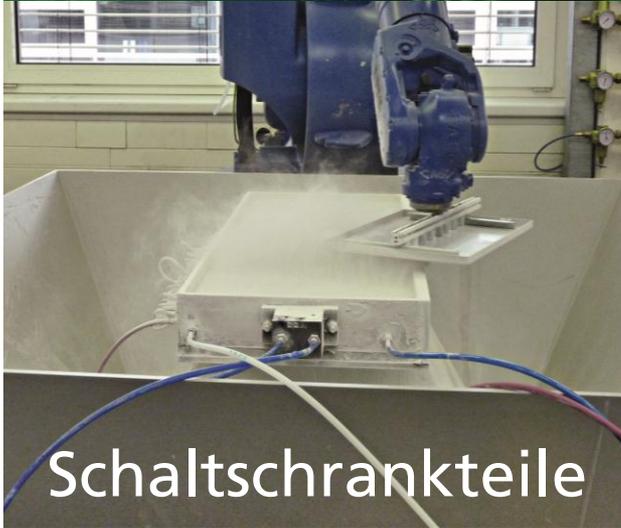
Drahtwaren



Federn



Heizkörperteile



Schaltschrankteile



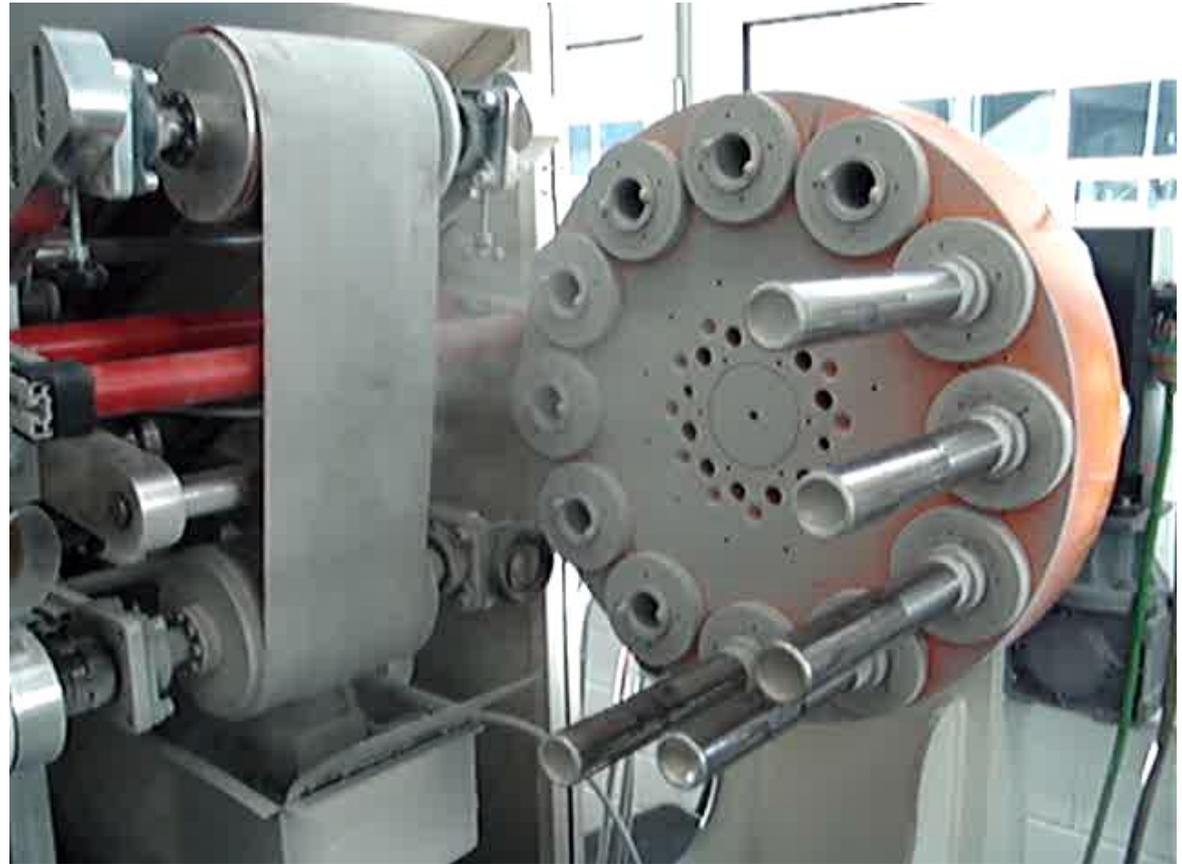
Kleinteile



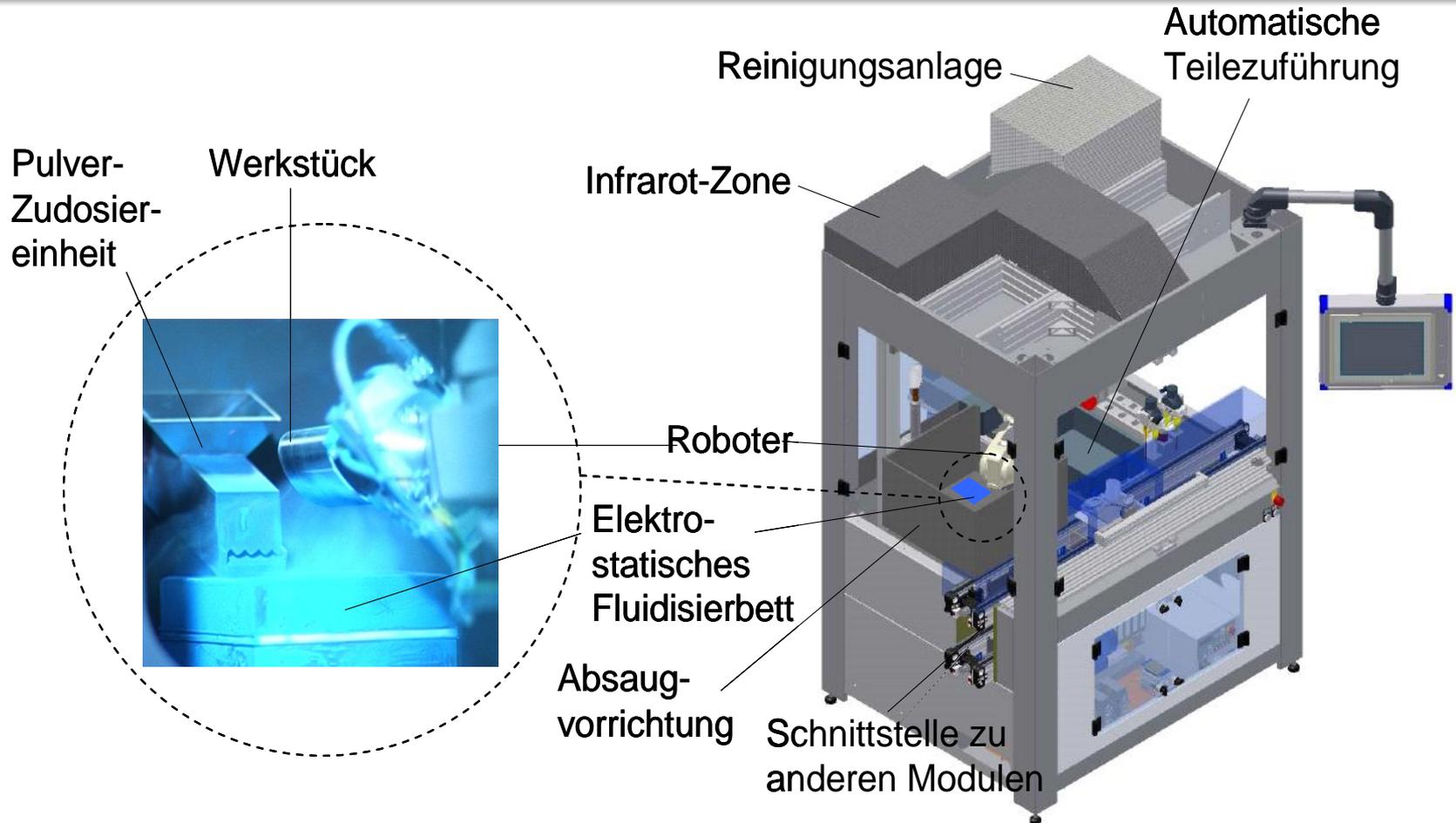
Trapez- und Wellbleche

TransApp[®] - Anwendungspotenzial Verpackungsbereich

Pistolenlose
„TransApp“ -
Versuchsanlage zur
schnellen
Pulverbeschichtung
der Mantelfläche
von Dosen u.ä.
(gemeinsame
Entwicklung mit Fa.
Hinterkopf)



Taktrate: 3 - 8 Dosen pro s



Modul zur fertigungsintegrierten Kleinteilebeschichtung