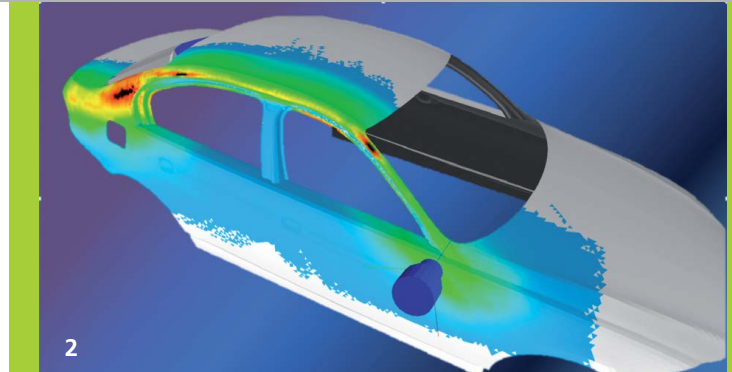


1 Zerstäuberluftgeschwindigkeit und statisches Spritzbild auf einem Versuchsblech.



2 Dynamische Beschichtung und resultierender Schichtdickenverlauf.

## PC-BASIERTE SIMULATION VON 3-D-BESCHICHTUNGS- UND UV-HÄRTUNGSPROZESSEN

### Lackiertechnik

Auf dem Weg zu neuen Produkten verkürzen und intensivieren CAx-Werkzeuge die Entwicklung und Produktionseinführung maßgeblich. Einen wesentlichen Beitrag zur Digitalisierung steuern hierbei die detailgetreue Modellierung und numerische Simulation technischer Prozesse bei. Mit der hier vorgestellten Softwarelösung lässt sich der Lackierprozess hinsichtlich unterschiedlicher Parametereinstellungen und Bahnführungen optimieren und mit Hilfe der Methoden der virtuellen Realität einem breiten Anwenderkreis zur Verfügung stellen.

### Prozessabbildung realisieren

Voraussetzung für die Simulation und Visualisierung komplexer dreidimensionaler Lackiervorgänge ist das Verständnis und die

Berechnung stationärer, statischer Teilprozesse. Das am Fraunhofer IPA entwickelte Programm DLS ist eine an die Lackiertechnik angepasste Erweiterung von kommerziellen Fluiddynamiksimulationen. Abgebildet werden können die Prozesse der

- elektrostatischen Lackierung,
- pneumatischen Lackierung,
- Pulverlackierung und der
- KTL-Beschichtung.

Mit verschiedenen an die jeweilige Applikation angepassten physikalischen Simulationen kann der Partikeltransport in Abhängigkeit von der Strömungsmechanik, der Elektrodynamik, der Thermodynamik und den spezifischen Lackeigenschaften berechnet und so die Schichtdickenverteilung bestimmt werden.

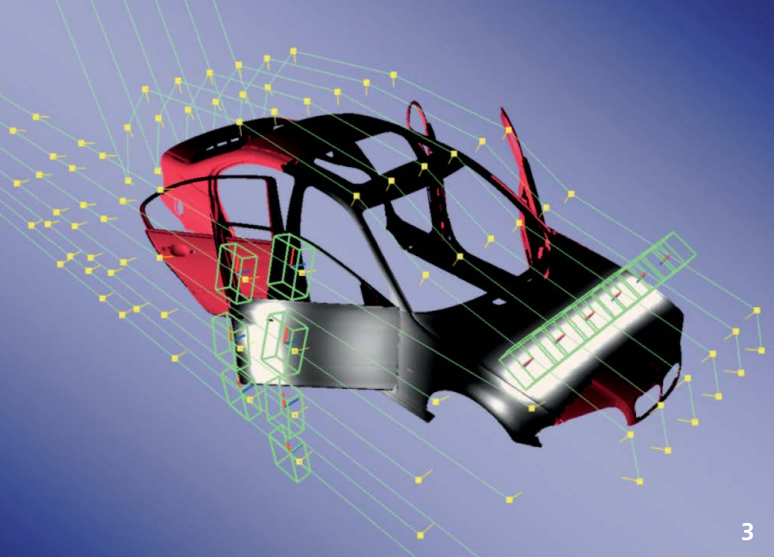
### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Ansprechpartner  
Dipl.-Math. (FH) Jörg Schieweck  
Telefon +49 711 970-1874  
joerg.schieweck@ipa.fraunhofer.de

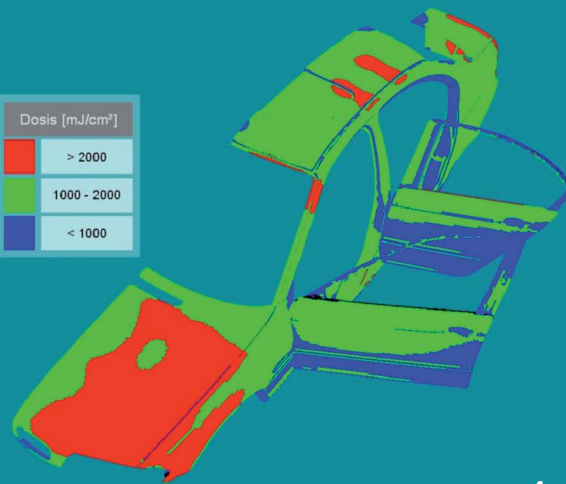
Dr. Oliver Tiedje  
Telefon +49 711 970-1773  
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de

[www.ipa.fraunhofer.de/lackiertechnik](http://www.ipa.fraunhofer.de/lackiertechnik)



3

Dosis [mJ/cm <sup>2</sup> ]	
> 2000	
1000 - 2000	
< 1000	



4

### Vorgehensweise

Der dynamische Beschichtungsvorgang kann aus einer Reihe einzelner stationärer Sprühbilder (aus CFD-Simulationen oder Versuchen) aufgebaut werden, wenn die Lackabscheidung zwischen diesen Stützstellen in geeigneter Weise numerisch integriert wird.

### Anwendungsgebiete

Die durchgängig PC-basierte Anwendung DLS bietet dem Lackieringenieur bereits in der Designphase wichtige Entscheidungshilfen bei der optimalen Auslegung industrieller Lackierungen. Betriebsinterne Erfahrungen und vorhandenes Wissen können in einem stark veränderlichen personellen Umfeld verifiziert und für weitere Prozessverbesserungen genutzt werden. Die Programmpakete eignen sich auch für Schulungsmaßnahmen in der Produktionslinie.

### Leistungsmerkmale

Das entwickelte Programm verfügt über zahlreiche Eigenschaften, die es sowohl dem Simulationsexperten als auch dem Lackieringenieur ermöglichen, detaillierte Einblicke in den Prozess und das zu erwartende Ergebnis zu erhalten:

- Zeitabhängige Analyse des Prozessablaufs
- Parameterstudien
- Prozessoptimierung
- Schnittstellen für Datenaustausch Simulation DLS-UV

Im Zuge der Entwicklung der dynamischen Lackiersimulation wurde schnell erkannt, dass dieses Prinzip auch für weitere Bereiche nutzbar gemacht werden kann. Ein solcher Bereich ist z. B. die Bestrahlung von 3-D-Objekten mit UV-Licht zur Vernetzung von strahlenhärtenden Beschichtungen. UV-härtende Lacke stellen seit einigen Jahren sowohl wegen ihrer umweltfreundlichen Eigenschaften als auch aufgrund ökonomischer Vorteile einen wachsenden Markt dar. Das Strahlungsfeld der verwendeten UV-Lampen wird vermessen und in einem mathematischen Modell in das Simulationsprogramm implementiert. Die Charakteristika mehrerer UV-Strahler unterschiedlicher Hersteller sind in einer Bibliothek hinterlegt. Die Auswertung der Simulationsergebnisse orientiert sich stark an der Beantwortung folgender praxisrelevanter Fragestellungen:

- Wie viele Strahler werden für einen vorgegebenen Prozess benötigt?
- Wie müssen die Strahler positioniert und eingestellt sein?
- Wo gibt es Bereiche mit Über- bzw. Unterbestrahlung?
- In welchem zeitlichen Ablauf wird die Strahlungsdosis in die Lackschicht eingebracht?
- In welchen Bereichen ist mit Lackierfehlern zu rechnen?

Mit Hilfe von anwenderfreundlich gestalteten Dialogen kann schnell eine Aussage über den simulierten Bestrahlungsvorgang gemacht werden, z. B. über die Verteilung der UV-Strahlungsdosis über die 3-D-Werkstückoberfläche. Die Strahlerpositionierung und -einstellungen (z. B. zeitlich veränderliche Strahlerleistung) lassen sich so verändern, dass unter- bzw. überbestrahlte Bereiche vermieden werden können. Das Programm DLS-UV wurde in Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller entwickelt. Damit steht ein Werkzeug zur Verfügung, das es dem Entwicklungsingenieur erlaubt, schnell und effektiv Anlagenlayouts für Bestrahlungsanlagen zu entwerfen und zu optimieren. Über die reine Beschichtungs- und Härtungssimulation hinaus existieren noch eine Vielzahl weiterer potenzieller Anwendungen, z. B. die Auslegung und Optimierung neuartiger Bestrahlungsquellen oder die Simulation von Reinigungs- und Vorbehandlungsprozessen wie z. B. Power-Wash oder das Beflammen.

3 *Strahlerbahnen und momentane Verteilung der UV-Lichtintensität.*

4 *Darstellung von über-, normal- und unter-bestrahlten Bereichen auf der Karosserie.*