

## NUMERISCHE SIMULATION IN DER PULVERBESCHICHTUNG

Die organische Beschichtung von Produkten mittels Pulverlacken stellt eine der umweltfreundlichsten und ressourcenschonendsten Verfahren innerhalb der Lackiertechnik dar. Bei der Pulverbeschichtung werden stets elektrisch unterstützte Verfahren verwendet. Die Abscheidung der Pulverpartikel wird stark vom Luftströmungsfeld und vom elektrischen Feld beeinflusst. Heutzutage gewinnt bei industriellen Anwendungen die numerische Simulation immer mehr an Bedeutung.

Unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden physikalischen Prozesse bei der Pulverbeschichtung werden die folgenden wichtigen Teilprozesse zur Berechnung des Pulverpartikeltransportes und der Partikelabscheidung betrachtet:

- 3-dimensionale turbulente Strömung im Sprühstrahl sowie in der Nähe des Substrats
- Elektrisches Feld mit Raumladung, welches durch eine zwischen Koronaelektrode und geerdetem Substrat angelegte Hochspannung generiert wird

- Wechselwirkung zwischen zweiphasigen Strömungen (Gas-Feststoff-Strömungen)
- Wechselwirkung zwischen Strömungs- und elektrischem Feld
- Partikeltransport mit stochastischen Effekten
- Partikelabscheidung in der Grenzschicht des Substrates

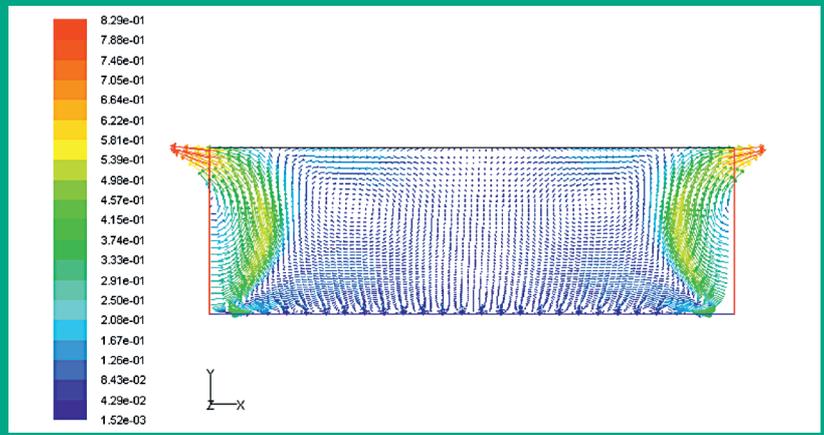
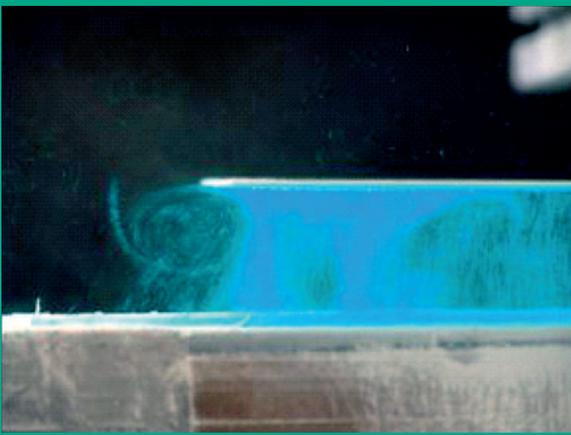
Am Fraunhofer IPA wurde die Methode der Simulation von Strömungsvorgängen und elektrischen Feldern an die Anforderungen der Lackiertechnik angepasst und als Werkzeug für Forschung, Entwicklung und Anwendung eingeführt. In das vorhandene kommerzielle Programm ANSYS-FLUENT wurden die in der elektrohydrodynamischen Strömung involvierten physikalischen Modelle mittels eigens entwickelter Module implementiert, wie z. B. das Modell für das elektrische Feld mit Raumladung, das Partikelaufladungsmodell und das Modell für die Wechselwirkung zwischen dem elektrischen Feld und dem Strömungsfeld. Damit können Pulverbeschichtungsvorgänge unter Berücksichtigung

### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Ansprechpartner  
Dr.-Ing. Qiaoyan Ye  
Telefon +49 711 970-1724  
qiaoyan.ye@ipa.fraunhofer.de

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



4

5

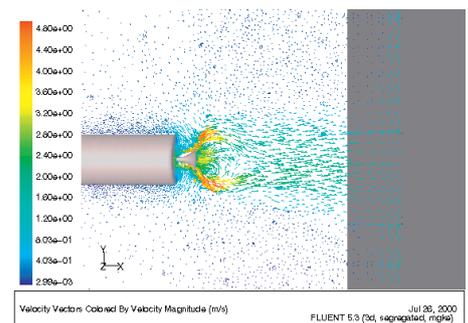
sichtigung der obigen wichtigen Teilprozesse modelliert sowie optimiert werden.

Folgende Fragestellungen können mit Hilfe der Simulation beantwortet werden:

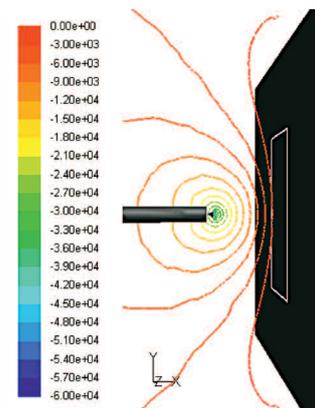
- Charakterisierung der Partikelladung und der Abscheidung unter Berücksichtigung der Einflüsse der Partikelgrößenverteilung und der elektrostatischen Eigenschaften der verwendeten Pulvermaterialien
- Pulverschichtdickenverteilung auf dem Werkstück
- Auftragswirkungsgrad sowie Overspray
- Vorhersage der kritischen Pulverschichtdicke
- Verbesserung und Entwicklung der Pulverbeschichtungsverfahren, z. B. beim Einsatz pulsierender Hochspannung im Beschichtungsverfahren mit Fluidisierbett

Als Beispiel ist in den Bildern 1-3 eine Beschichtungssimulation mit einer Pulverpistole dargestellt. Die größte elektrische Feldstärke entsteht direkt an der Hochspannungselektrode am Prallteller. In diesem Bereich hat man gleichzeitig die höhere Luftgeschwindigkeit mit großen Wirbeln. Höhere Feldstärken können auch in der Nähe der Werkstückoberfläche beobachtet werden, die durch den Raumladungseffekt verursacht werden. Dadurch verbessert sich der Auftragswirkungsgrad.

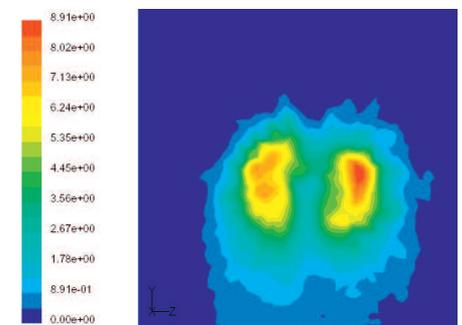
In Bild 5 ist die simulierte Luftströmung unter dem Einfluss des Ionenwindes im elektrostatischen Fluidisierbett gezeigt, wobei eine sehr ähnliche Strömungsstruktur wie in der Laserlichtschnittaufnahme in Bild 4 sichtbar ist. Aus den Simulationsergebnissen erkennt man die wichtige Rolle des Ionenwindes bei diesem Beschichtungsverfahren.



1



2



3

- 1 Geschwindigkeitsfeld (m/s) im Sprühstrahl.
- 2 Konturen des elektrischen Potentials (V) in der Ebene  $z = 0$ .
- 3 Statische Schichtdickenverteilung (Wachstumsrate  $\mu\text{m/s}$ ) auf dem Blech.
- 4 Laserlichtschnittaufnahme beim Pulverbeschichtungsvorgang im elektrostatischen Fluidisierbett.
- 5 Simulierte Geschwindigkeitsvektoren der Luftströmung im elektrostatischen Fluidisierbett (Ionenwind spielt eine wichtige Rolle).