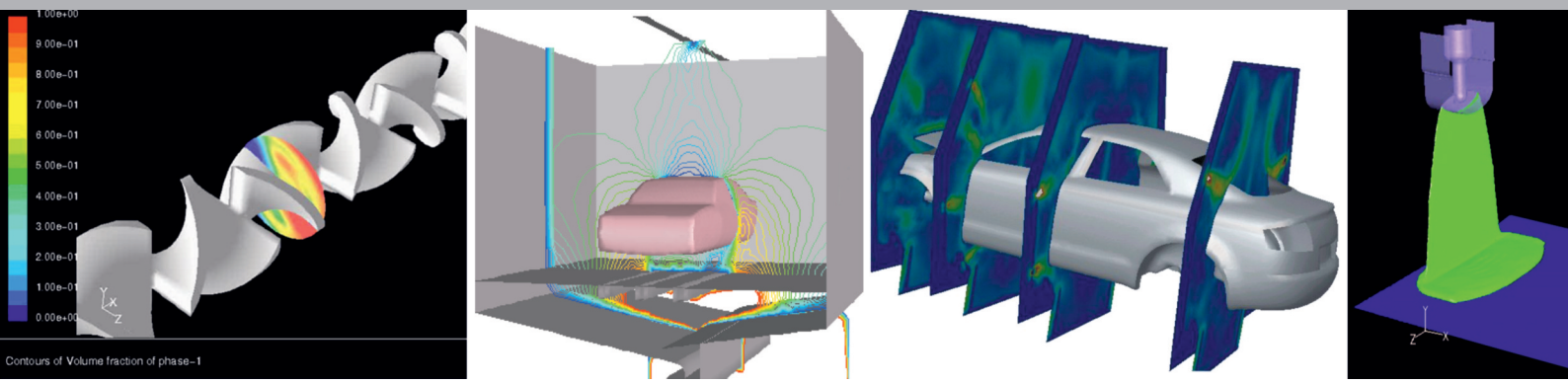
Fraunhofer
IPA

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA



NUMERISCHE SIMULATION VON TROCKNUNGSVORGÄNGEN

Die Trocknung bzw. Härtung von aufgebrachten Lackschichten geschieht durch die äußere Einwirkung von Wärme in Form von geheizter Luft oder Strahlung in speziellen Trocknern. Die numerische Simulation von Konvektionstrockner, IR-Trockner oder UV-Trocknern ermöglicht:

- Lackierfehler bei der Trocknung rechtzeitig zu erkennen und zu verhindern
- Prozessoptimierung (z. B. Durchlaufzeiten verringern)
- Anlagenoptimierung durch richtige Parameterauswahl (Trocknergeometrie, Anordnung der Bauteile im Trockner, Einlassgeschwindigkeiten, Temperaturen etc.), dadurch z. B. Verringerung der Betriebskosten
- Bestimmung des Lösemittelgehalts zu jedem Zeitpunkt der Trocknung und Optimierung der Restfeuchte des Lackfilms in Zwischentrocknern

Da die örtlichen Wärme- und Stoffübergangskoeffizienten sowie die Ursachen sich bildender Trocknungsfehler in erster Linie von der Geschwindigkeit, Feuchte und Temperatur der Luft abhängen, ist eine Optimierung der Trockner im Hinblick auf den Raumbedarf, die Verweilzeit der Objekte und eine Fehlerminimierung nur dann möglich, wenn genauere Kenntnisse des sich im Trockner ausbildenden dreidimensionalen Strömungsfeldes vorliegen, welche durch die numerische Simulation erhalten werden können. Mit Hilfe des ständig weiterentwickelten Simulationsprogrammpaketes ist es möglich, industrierelevante Trocknungsprozesse vorherzusagen. Dabei liegt der spezielle Nutzen der Simulation u. a. in den Möglichkeiten zur Qualitätsoptimierung und zur Energieeinsparung.

Es handelt sich hier um die instationäre Lackfilmtrocknung auf komplexen dreidimensionalen Bauteilen. Als wichtigste Teilaufgaben für die Simulation sind zu nennen:

- Die hochaufgelöste Berechnung des komplexen Strömungs- und Temperaturfeldes

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

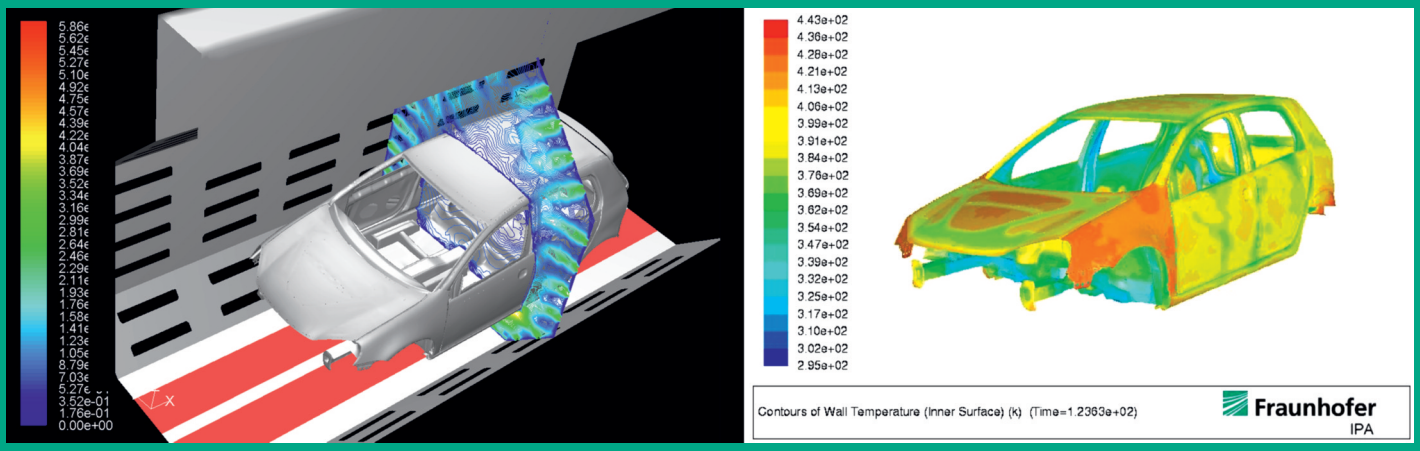
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

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

Dr.-Ing. Qiaoyan Ye
Telefon +49 711 970-1819
qiaoyan.ye@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/lackiertechnik

© Fraunhofer IPA



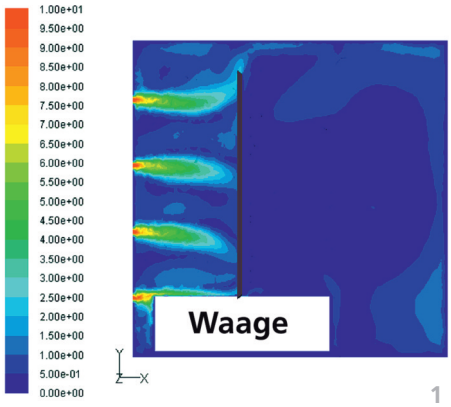
4

- Die instationäre Berechnung der Temperaturverteilung auf dem Werkstück einschließlich der Möglichkeit, das Auftreten von Bauteilspannungen oder Verzug vorherzusagen
- Die Berechnung der örtlichen Lackfilmaufheizung und -vernetzung einschließlich der Vorhersage auftretender trocknungsbedingter Lackierfehler wie Kocher oder Nadelstiche
- Validierung der Methode im Technikum

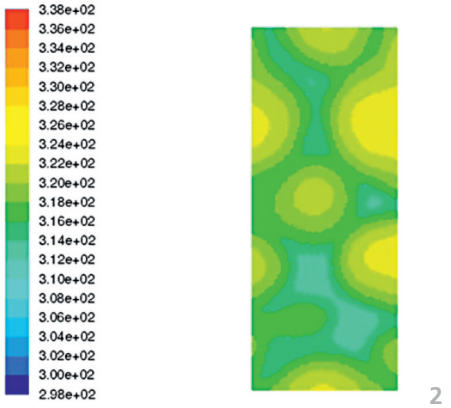
Die in der Trocknungssimulation benötigten Modelle wurden durch die Zusammenarbeit mit Projektpartnern entwickelt und im CFD-Solver ANSYS-FLUENT erfolgreich implementiert, wodurch die Simulation praxisrelevanter Trocknungsprozesse mit effizienten Rechenalgorithmen und Rechenzeiten sowie ausreichender Genauigkeit ermöglicht wird.

Anhand der Simulationsergebnisse lässt sich der Trocknungsfortschritt innerhalb des Trockners bestimmen. Außerdem werden Anwender mit Hilfe solcher Trocknungssimulationen in die Lage versetzt, eigene Problemfälle der Lacktrocknung zu lösen.

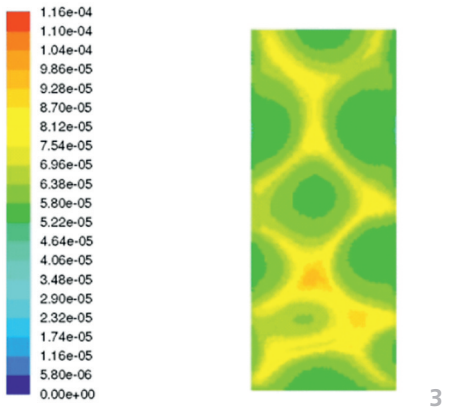
Als Beispiel ist in den Abbildungen 1–3 die Trocknungssimulation in einem Labortrockner dargestellt. Außer der Geschwindigkeitsinformation im Trockner erhält man die Temperatur- und Lackschichtdickenverteilung sowie den Temperaturverlauf auf dem Beschichtungsobjekt. Bild 4 zeigt die Trocknungssimulation in einem Praxistrockner.



1



2



3

1 *Geschwindigkeitskonturen (m/s) in einem Labortrockner (ein Testblech mit Lack-Nassschicht steht auf einer Waage gegenüber den Düsenlufteinlässen)*

2 *Temperaturverteilung (K) auf dem Blech bei t = 124 s*

3 *Lackschichtdickenverteilung (m) auf dem Blech bei t = 124 s*

4 *Trocknungssimulation in einem Praxistrockner, links: Geschwindigkeitskonturen (m/s), rechts: Temperaturverteilung auf der Karosserieoberfläche (K)*