

Veröffentlichung JOT Dez. 2012

Oversprayarme Beschichtung – aktuelle Forschung zur Ressourcen-Effizienz

Dr. Oliver Tiedje*, Dr.-Ing. Qiaoyan Ye*

* Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Der beim Spritzlackieren erzeugte Overspray beeinflusst ganz zentral den Lackierprozess. Damit entsteht nicht nur unnötiger Verbrauch an Lackmaterial, es werden auch Verschmutzungen der Kabine und der Zerstäuber hervorgerufen und zur Entsorgung sind aufwendige Techniken zur Kabinenbelüftung und Lackabscheidung erforderlich. Darüber hinaus muss der gesundheitliche Aspekt der Overspraypartikel beachtet werden.

Overspray und Auftragswirkungsgrad

Die Effizienz der Materialausnutzung bestimmt sich aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Einflüssen:

- Der **Festkörpergehalt** beeinflusst zwar nicht direkt den Overspray, der Verbrauch an Lackmaterial und die Emission von Lösemitteln werden aber dadurch gesteuert.
- Qualitative Eigenschaften der Beschichtung, wie **Schichtdicke** und **Schichtdickenhomogenität** sind wichtige Hebel um den Materialverbrauch zu senken – zu klären ist die tatsächlich benötigte Mindestschichtdicke und der prozessual bedingte Sicherheitsaufschlag. Durch Verringerung der Prozessschwankungen, ggf. durch messtechnische Absicherung der Schichtdicke und deren Homogenität kann die Materialmenge oft signifikant gesenkt werden.
- Durch Verringerung der **Nachlackierquote** ergibt sich eine weitere Möglichkeit Lackmaterial einzusparen, gleichzeitig mit den anderen Vorteilen.
- Die Spül-, Befüll-, Andrückprozesse und Lackreste im Behälter erzeugen weitere Materialverluste.
- Je nach Komplexität des Lackierobjekts geht ein Teil des Materials durch **Vorbeispritzen** verloren, sei es durch ungenaue Lackierabläufe oder dadurch, dass der Spritzstrahl sehr weiche Flanken besitzt, die zum Überlappen der Lackierbahnen benötigt werden.
- Außerdem geht auch auf großen Flächen Material in Form von **Overspray** verloren, d.h. dort in der Regel feinsten Lacknebel, der nicht auf dem Objekt landet.

Der Overspray wird vor allem durch die Feinheit der Zerstäubung (applikationsbedingt, über das Material beispielsweise über die Rheologie), durch den Lufteinsatz (Bildung eines Staudrucks vor dem Objekt, der den feinen Lacknebel ablenkt), die Lackierbahnen (Geschwindigkeit, Abstand und Winkel zum Werkstück) und durch die Umgebungsbedingungen (z.B. Luftströmung) beeinflusst.

Der häufig verwendete Auftragswirkungsgrad wird in DIN EN ISO 13 966-1 definiert als der Anteil des Lackmaterials, der auf einer großen Fläche landet (bezogen auf den Masseanteil des verspritzten Festkörpers) oder auf einem Rohr, um den Effekt des Vorbeispritzen zu erfassen.

Beispiel: Hochdruckbeschichtung

Als Beispiel für die Analyse des Auftragswirkungsgrads soll die Airless-Applikation von Beschichtungsmaterialien dienen, die vor allem im schweren Korrosionsschutz, bei Großobjekten

oder im Heim- oder Handwerkerbereich Anwendung findet. Die Definition dieser Methode besteht darin, dass die Zerstäubung weitestgehend durch sehr hohen Materialdruck stattfindet. In Abwandlung dieser Methode kann auch zusätzlich Luft zur Sprühstrahlformung und/oder reduzierter Materialdruck eingesetzt werden. Trotz des großen Anwendungsspektrums liegen bislang für dieses Verfahren keine systematischen Untersuchungen vor, aktuelle Untersuchungen mittels moderner Messtechnik und numerischer Simulationen [1] am Fraunhofer IPA sollen diese Lücke schließen (siehe Abb. 1). Genutzt werden Laserbeugungsmethoden zur Bestimmung der Tröpfchengeschwindigkeit und -größe und numerische Strömungsdynamikberechnungen. Diese Methoden können zur Erhöhung des Wirkungsgrads [2] bei gleichbleibender Qualität und zur Homogenisierung der Schichtdicke und bei Fragen der Automatisierung genutzt werden.

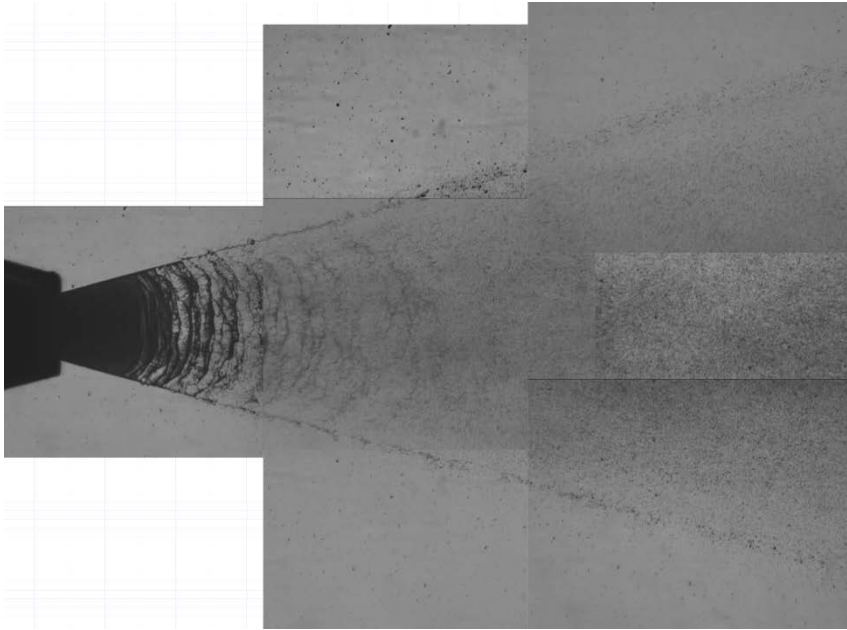


Abb. 1: Untersuchung der Randstrahlen mittels Ultrakurzzeitaufnahme an einem Airlesssprühstrahl

Ein Vorteil der Airlesszerstäubung gegenüber anderen Zerstäubungsmethoden, wie der Hochrotation oder der pneumatischen Zerstäubung, liegt im hohen Auftragswirkungsgrad. Dieser hat seinen Ursprung in der groben Zerstäubung (häufig mit 50 – 100 μm mehr als doppelt so große Tröpfchen wie bei pneumatischer Zerstäubung) der häufig hochviskosen Materialien. Die Feinheit der Zerstäubung hängt im Wesentlichen von der Düse, dem Materialdruck und der Viskosität ab, wie Untersuchungen an Newtonschen Modellsystemen gezeigt haben. Andere Materialeigenschaften, wie z.B. die Oberflächenspannung, spielen eine untergeordnete Rolle.

Weiterhin ist der Staudruck auf dem Objekt durch den Verzicht auf Druckluft reduziert, allerdings zeigen numerische Untersuchungen (siehe Abb. 2) auch Luftströmungen von nahezu 50 m/s nahe der Düse, erzeugt durch die Tröpfchenbewegung. Der hohe Tröpfchenimpuls (Messungen mit Laser-Doppler-Anemometrie zeigen Geschwindigkeiten von 80 m/s in 100 mm Abstand von der Düse) sorgt dafür, dass die Tröpfchen sich weitestgehend gradlinig zum Objekt bewegen. Nur sehr extreme Verhältnisse (z.B. 10 m/s Seitenluftgeschwindigkeit und hohe Lackierabstände von 600 mm) können den Auftragswirkungsgrad stark reduzieren (siehe Abb. 3 und 4).

Das Vorbeispritzen ist bei der Airless-Applikation dadurch minimiert, dass die Spritzbilder sehr randscharf sind, allerdings geht dies oft einher mit den Randstrahlen (siehe Abb. 1), die dann bei der Überlappung der Lackierbahnen zu Schichtinhomogenitäten führen können.

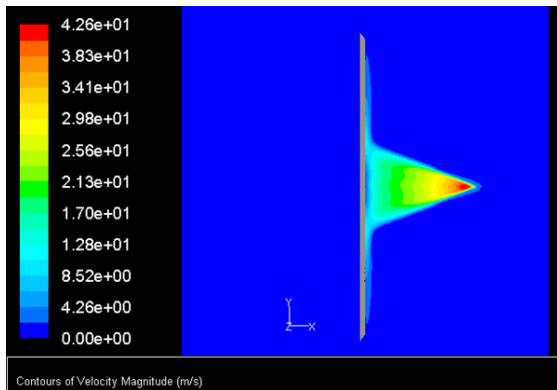


Abb. 2: Numerisch bestimmte Luftgeschwindigkeit im Airlessstrahl

Durch numerische Simulation wurden nach Abgleich mit den Technikumsversuchen neue Düsenkonzepte entworfen. So war es beispielsweise in einem Projekt gefordert, gezielt asymmetrische Spritzbilder zu erzeugen, die einerseits zur Kantenbeschichtung mit geringem Sprühverlust genutzt werden können und die sich andererseits für eine homogene Flächenbeschichtung eignen. Dazu wurden die Luftbohrungen bei der luftunterstützten Airlessapplikation neu definiert [2].

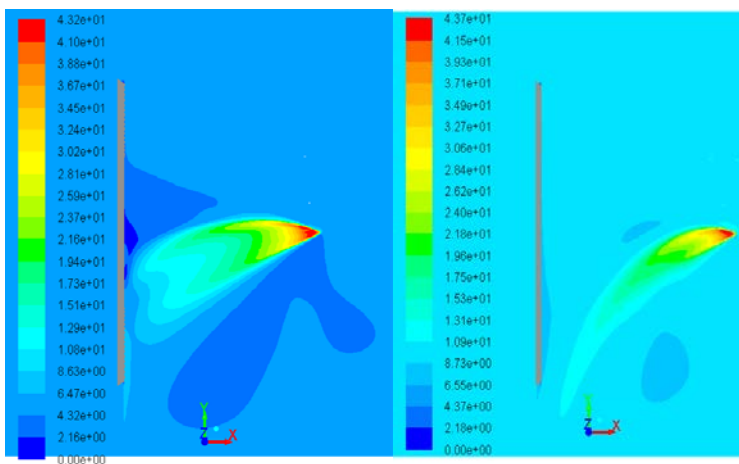


Abb. 3: Teilchenbewegung bei starker Seitenluftströmung, links 5 m/s, rechts 10 m/s.

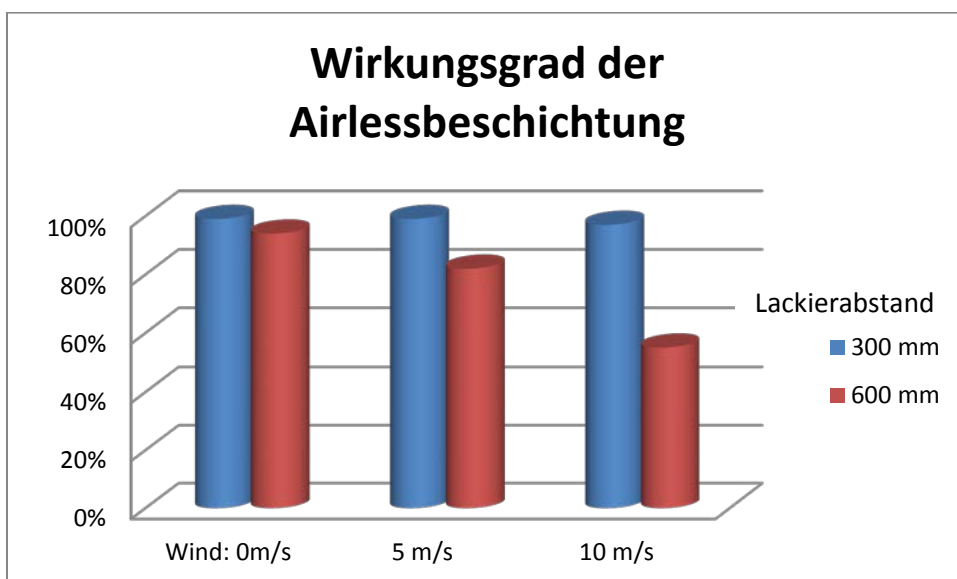


Abb. 4: Auftragswirkungsgrad bei der Airless-Beschichtung bei unterschiedlichen Seitenluftströmungsgeschwindigkeiten und Lackierabständen.

Abscheidesysteme

Lack-Overspray im Abluftbereich muss so weit wie möglich aufgefangen werden, damit die Kriterien hinsichtlich Arbeits- und Umweltschutz erfüllt werden können. Der Energiebedarf von Spritzlackierkabinen (im Wesentlichen durch die Konditionierung der Zuluft und durch die Auswaschung beeinflusst) beträgt beispielsweise bei der Karosserielackierung ein Drittel des gesamten energetischen Aufwands der Oberflächenbehandlung. Durch den Einsatz von Wärmerückgewinnung, Umluftführung und Trockenabscheidung reduziert sich der Aufwand auf ein Viertel [7].

Neben den großen Abscheidesystemen, die beispielsweise bei der Karosserielackierung eingesetzt werden [5], werden bei der Trockenabscheidung von Overspray häufig mechanische Filter als Lack-Overspray-Kollektoren eingesetzt. Die Filterleistung wird sehr stark von der Lackmenge, dem Luftströmungsfeld, dem verwendeten Lackmaterial sowie der Tropfengrößenverteilung beeinflusst.

Die Optimierung der Zielgrößen, wie z. B. des geforderten Filterwirkungsgrads (partikelgrößenabhängig), des Druckverlusts oder der Bauform etc. kann systematisch nur durch numerische Simulationen erreicht werden. Parameterstudien in Abhängigkeit von der Eingangsluftgeschwindigkeit zum Filter, der Partikelgröße sowie der Konstruktion des Filter-Elements wurden durchgeführt. Dazu werden Tropfenbahnen mit einzelnen Größenklassen und einer praxisrelevanten Tropfengrößenverteilung berechnet.

Daraus werden Strömungsfeld und Druckverlust in der Lackierkabine bzw. im Filtersystem visualisiert, die Partikelabscheidungsrate (kg/s) im Filter (siehe Abb. 5) sowie die Tropfengrößenverteilung und der Lösemittelgehalt im Overspray berechnet, und es ist eine Vorhersage der Belastbarkeit des Filtersystems möglich.

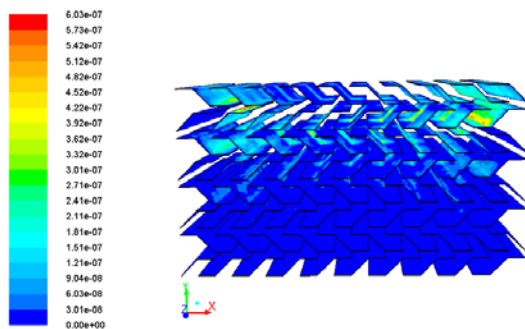


Abb. 5: Simulierter Tropfenabscheidungsvorgang in Filterelementen; exemplarisch gezeigt ist die Partikelabscheidungsrate (kg/s) für Partikel mit 5 µm Teilchendurchmesser.

Gesundheitliche Absicherung der potenziell inhalierbaren Partikel

In einer Lackierkabine mit manueller Lackapplikation sollte geprüft werden, wie groß der lungengängige Lackoverspray-Anteil im Umfeld des Werkers ist. Damit können das Lackmaterial, die Applikationstechnik und die Umgebungsbedingungen zur Einhaltung der Bestimmungen des betrieblichen Gesundheitsschutzes optimiert werden. Drei sich auf die Gesundheit beziehende Partikelkategorien, nämlich die einatembare, die thorakale und die alveolengängige Fraktion werden gemäß dem internationalen Standard DIN EN 481 definiert.

Erschienen in JOT 52 (2012) Nr. 12, S. 28-30

Die Bestimmung der Aerosolanteile für die jeweilige Spritzapplikation des Lacks oder Klebstoffs erfordert die Ermittlung und Auswertung der Größenverteilung des Aerosols im Spritzstrahl [3], wobei die Veränderung der Tröpfchengröße durch Lösemittelabdunstung zu berücksichtigen ist. Die Tröpfchengrößenverteilung wird zunächst mit Hilfe eines optischen Messverfahrens bestimmt. Durch numerische Simulation kann die Tröpfchenverdunstung und die räumliche Verteilung der Partikel in der Lackierumgebung berechnet werden.

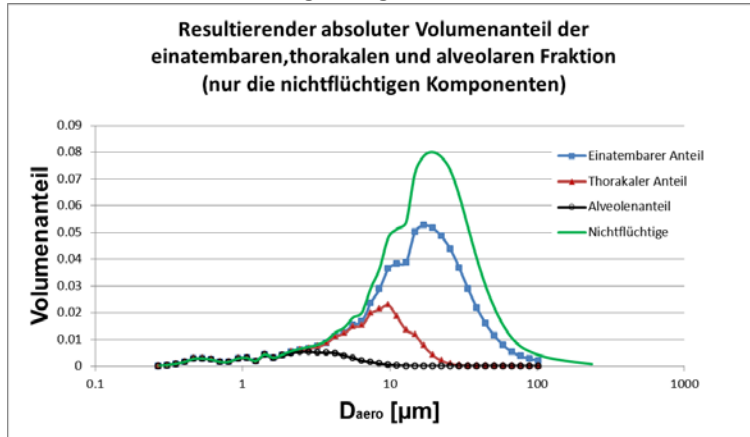


Abb. 6: Volumenanteile der einatembaren, thorakalen und lungengängigen Fraktionen getrockneter Lackpartikel.

Als Beispiel zeigt die Abb. 6 eine nach dieser Methode ermittelte Tröpfchengrößenverteilung der nichtflüchtigen Komponenten im Spritzstrahl bei der Applikation eines 2K-PUR-Lacks mit einem HVLP-Zerstäuber. Diese Informationen werden weiter für den Aerosolpenetrationsfaktor, einschließlich der Bestimmung der Isocyanat-Gesamtexposition, verwendet.

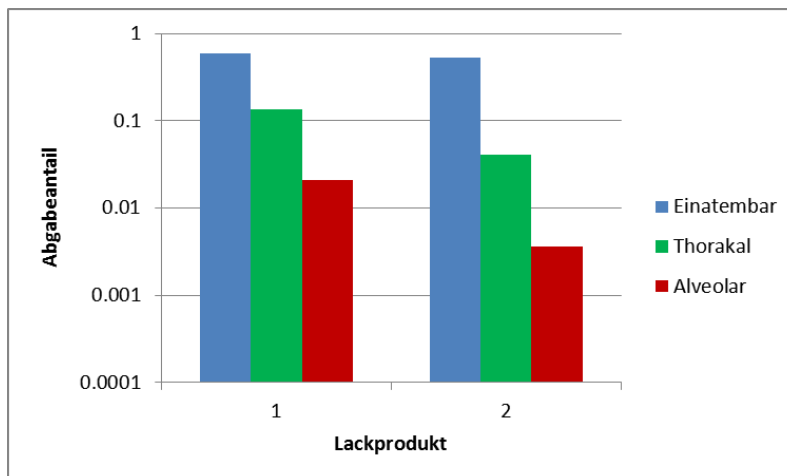


Abb. 7: Vergleich der Aerosol-Anteile verschiedener Lacke

Abb. 7 zeigt einen Vergleich der Aerosolanteile verschiedener Lacke für ein gegebenes Applikationsverfahren. Bei Lack 1 erkennt man mehr feinen Aerosolanteil als bei Lack 2.

Zusammenfassung

Die Behandlung von Overspray bei Spritzlackierprozessen beinhaltet viele Aspekte. Aktuelle Trends liegen dabei in den Themen Umluftführung der Kabinenluft, die durch die Entwicklung von Trockenabscheidesystemen stark vorangetrieben wurde. Großer Entwicklungsbedarf besteht an dieser Stelle aber noch an Maßnahmen für Brown-Fields, die einfach in bestehende Nassauswaschungs-Anlagen integriert werden könnten. Die gesundheitlichen Fragestellungen im Zusammenhang mit Overspraypartikeln sind fortwährend aktuell. Als Ausblick sei schließlich Erschienen in JOT 52 (2012) Nr. 12, S. 28-30

erwähnt, dass ein oversprayfreies Beschichtungsverfahren, wie es z. B. im Projekt „Green Car Body“ [4] untersucht wird, viele der angesprochenen Herausforderungen überflüssig machen würde.

Literatur

- [1] Q. Ye, B. Shen, O. Tiedje, J. Domnick: "Investigations of spray painting processes using an airless spray gun". ILASS – Europe 2011, 24th European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Estoril, Portugal, September 2011
- [2] Q. Ye, B. Shen, O. Tiedje, J. Domnick; "Numerical and experimental study of spray coating using air-assisted high pressure atomizers". ICLASS September 2-6, 2012, Heidelberg
- [3] Domnick, J.: „Bestimmung des Aerosolpenetrationsfaktor APF“. Fraunhofer-IPA-Projekt-Nr. 190535, 2003, Auftraggeber: Fachausschuss Metall und Oberflächenbehandlung, Finanzielle Unterstützung durch den Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
- [4] M. Putz, D. Ondratschek; „Green Carbody Technologies unter den Gesichtspunkten Leichtbau, Mischbau und Lackierung“. 28. Arbeitstagung des 1. Deutschen Automobilkreises – Karosserielackierung 8.11.2011
- [5] O. Tiedje, Q. Ye, J. Röckle, D. Möckel; „Numerische Simulation - Effiziente und sichere Anlagenplanung“. JOT 6.2012
- [6] Q. Ye, B. Shen, M. Schneider; „Die Integration von Strömungsberechnungen (CFD) in den Produktentwicklungsprozess“. NAFEMS Seminar, April 4 - 5, 2011, Wiesbaden
- [7] M. Harsch, J. Maruschke, J. Schnaiter; „Resource Efficiency in Car Body Painting – the Challenges“. Automotive Circle International, 28 - 29 June 2012, Berlin

Die Ergebnisse stammen zum Teil aus dem Forschungsprojekt Green Car Body – InnoCaT. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ (Förderkennzeichen 02PO2770) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.