

Beschichtungsstoffe mit Nanopartikeln

Gefährdungen bei der Verarbeitung

Ausgabe 02/2014

FB HM-071

Das Aufbringen von Lacken und Farben ist ein weit verbreitetes Verfahren, um das Aussehen von Bauteilen zu verschönern und für einen wirksamen Schutz gegen Umwelteinflüsse zu sorgen. Die Ansprüche an diese Schichten sind in den letzten Jahren erheblich gestiegen: Hohe Haltbarkeit, UV- und Kratzbeständigkeit und auch weitergehende Eigenschaften (z. B. Selbstreinigungs- und Selbstheilungseffekt) stehen bei der Entwicklung neuer Beschichtungssysteme im Vordergrund.

Zunehmend werden zur Erzielung solcher Eigenschaften auch Nanopartikel eingesetzt, z. B. bei Klarlacken für Kraftfahrzeuge zur Erzielung einer hohen Härte und Kratzbeständigkeit. Allerdings ist der Einsatz nanoskaliger Objekte in Beschichtungsstoffen alles andere als neu: Bereits seit Jahrzehnten werden Additive in dieser Größe (z. B. Ruß/carbon black) verwendet.

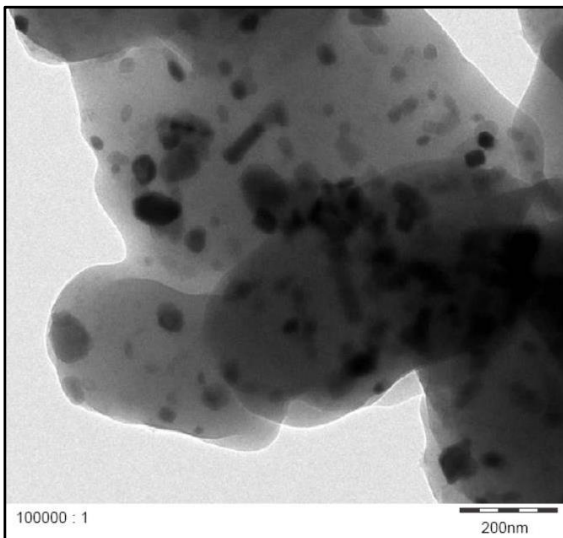


Bild 1: „Lack-Schleifstaub mit eingeschlossenen Nanopartikeln (Zinkoxid)“

1 Anwendungsbereich

Ziel dieser DGUV Information ist es, eine Hilfestellung für die betriebliche Gefährdungsbeurteilung bei Verwendung nanopartikelhaltiger Beschichtungsstoffe in Form von FAQ zu geben. Dabei werden folgende Verfahrensschritte betrachtet:

- das Anmischen, Auftragen und Trocknen von Beschichtungsstoffen
- das Schleifen ausgehärteter Farb- und Lackschichten

Andere Prozesse, z. B. die mögliche Freisetzung von Nanopartikeln bei der Herstellung solcher Lacksysteme

Inhaltsverzeichnis

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Nanopartikel in Beschichtungsstoffen
- 3 Besondere Gefährdungen durch Nanopartikel
- 4 Fragen und Antworten (FAQ)
- 5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

oder bei Verwitterung entsprechender Lackschichten, werden hier nicht behandelt. Ebenfalls nicht betrachtet werden Gefährdungen der Haut, da der direkte/ungeschützte Hautkontakt mit Beschichtungsstoffen generell durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden ist.

Kohlenstoff-Nanoröhrchen (carbon nanotubes - CNT) werden bei der Zubereitung von Lacken derzeit nur in wenigen Einzelfällen eingesetzt. Die durch CNT ggf. entstehenden Gefährdungen werden in diesem Informationsblatt nicht behandelt.

2 Nanopartikel in Beschichtungsstoffen

Was sind Nanopartikel? In der internationalen Spezifikation DIN ISO/TS 27687:2010 „Nanotechnologien – Terminologie und Begriffe für Nanoobjekte – Nanopartikel, Nanofasern und Nanoplättchen“ [1] sind erstmals die Begriffe definiert worden. Danach gelten als Nanoobjekte Materialien, die in wenigstens einer geometrischen Dimension kleiner als 100 Nanometer sind. Nanoobjekte gliedern sich auf in

- Nanoplättchen mit einer Dimension im Nanomaßstab.
- Nanofasern mit zwei Dimensionen im Nanomaßstab
- Nanopartikel mit drei Dimensionen im Nanomaßstab

In Beschichtungsstoffen, die Nanoobjekte enthalten, werden heute nahezu ausschließlich Nanopartikel verwendet. Ultrafeine Partikel (UFP) können die gleiche Partikelgröße wie Nanopartikel aufweisen. UFP unterscheiden sich jedoch von Nanopartikeln durch die Art der Entstehung: UFP entstehen ungewollt (z. B. Rauche), Nanopartikel werden in der Regel gezielt wegen der auf ihrer Größe basierenden Eigenschaften hergestellt.

3 Besondere Gefährdungen durch Nanopartikel

Nach wie vor sind wichtige Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Verwendung von

Beschichtungsstoffen mit Nanopartikeln offen. Trotz des hohen personellen und finanziellen Aufwands in Untersuchungen und Forschungsvorhaben auf deutscher und internationaler Ebene existieren derzeit nur wenige konkrete Aussagen über das Gefährdungspotential nanoskaliger Objekte. Die REACH-Verordnung [2] verpflichtet die Rohstoffhersteller, entsprechende Informationen in den nächsten Jahren bereitzustellen. Es gibt Vermutungen, dass bestimmte Nanopartikel wegen ihrer geringen Größe oder ihrer neuen Eigenschaften durch Schutzmechanismen des Körpers nicht abgewehrt werden und zu Beeinträchtigungen der Gesundheit führen könnten.

Bereits heute werden Beschichtungsstoffe verarbeitet, die Nanopartikel enthalten, zunehmend auch in kleinen und mittleren Unternehmen.

4 Fragen und Antworten (FAQ)

4.1 In welchen Lacken/Beschichtungsstoffen werden Nanopartikel überhaupt eingesetzt, welche Nanopartikel sind das?

Nanopartikel haben in der Lackherstellung eine lange Tradition bei Pigmenten und Additiven. Pigmente sorgen für den Farbton von Beschichtungen, haben also Abmessungen im Bereich der Wellenlänge von sichtbarem Licht. Bei der feinen Dispergierung von Ruß und organischen Pigmenten gibt es allerdings auch immer einen kleinen Anteil von Partikeln im nanoskaligen Bereich. Hinzu kommen teiltransparente Pigmente, die Änderungen im Farbeindruck bewirken und einen erheblichen Anteil von Partikeln im nanoskaligen Bereich haben (Eisenoxide, Glimmer). Additive wirken in Lacken u. a. als Katalysatoren, als Hilfsmittel für Dispergierung, Stabilisierung und Einstellung der Fließeigenschaften (pyrogene Kieselsäure, Siliziumdioxid, organische Stoffe). Solche Additive sollen im fertigen Lack nicht sichtbar sein und sind deshalb überwiegend nanoskalig. Konventionelle Lacke weisen insgesamt einen Masseanteil von bis zu 1,5 % Nanopartikel auf.

Neben diesen Funktionen im flüssigen Beschichtungsstoff werden Nanopartikel seit geraumer Zeit eingesetzt, um bestimmte Eigenschaften der fertigen Beschichtung zu erzielen, wie z.B. Absorption von UV-Strahlung (Titan-dioxid, Zinkoxid), Einstellung von Glanz/Reflexion bzw. Mattheit, elektrische Ableitfähigkeit (Ruß, dotiertes Zinnoxid), Haftung von Klebern (modifizierte Silikone), Vermeidung von Rissbildung oder Gasdichtigkeit von Beschichtungen (Schichtsilikate, Blattsilikate).

Im zurückliegenden Jahrzehnt wurden mit erheblichem Forschungsaufwand die funktionellen Eigenschaften von Beschichtungen weiterentwickelt. Hauptziele hierbei waren:

- Verbesserung der Kratzbeständigkeit (Siliziumdioxid),
- verschleißfestere Oberflächen (Polytetrafluorethylen, diverse anorganische Verbindungen),
- Selbstreinigung von Oberflächen durch Photokatalyse (Titandioxid, Zinkoxid),
- biozide Ausrüstung von Beschichtungen (z. B. Silber),
- Hydrophobierung von Oberflächen zur leichteren Entfernung von Schmutz oder Graffiti sowie zum besseren Schutz vor Korrosion (oberflächenmodifiziertes Siliziumdioxid, anorganisch-organische Hybrid-Partikel).

Die nanoskaligen Lackrohstoffe werden in der Regel als Agglomerate bereitgestellt und gehandhabt. Im Lackher-

stellprozess werden die Agglomerate in einer Bindemittel-lösung, einer Schmelze oder einem Extrudat aufgeschossen, fein verteilt, vollständig von Bindemittel umhüllt und in eine Polymermatrix eingebunden.

4.2 Woran kann der Verwender erkennen, ob in Lacken/Beschichtungsstoffen Nanopartikel enthalten sind?

Es besteht in Deutschland derzeit noch keine gesetzliche Verpflichtung für den Hersteller (Lackindustrie), Produkte mit nanoskaligen Partikeln gesondert zu kennzeichnen oder besondere Hinweise oder Informationen zu nanoskaligen Partikeln in Beschichtungsstoffen zu geben. Dies betrifft sowohl die Angaben auf dem Gebinde als auch die Informationen in den Begleitdokumenten, z. B. dem Sicherheitsdatenblatt.

Durch die REACH-Verordnung ist festgelegt, dass bei der Gefährdungsermittlung zusätzlich zu den Stoffeigenschaften auch die Gestalt von Stoffen (z. B. als nanoskalige Partikel) zu berücksichtigen ist. Bei der Stoffregistrierung muss bewertet werden, ob z. B. bei der Spritzapplikation (Prozesskategorie 7 und 11) Expositionen zu erwarten sind, die nur durch zusätzliche Risikominderungsmaßnahmen beherrscht werden können. Dabei ist für chemisch inerte Feinstäube mindestens der allgemeine Staubgrenzwert zu beachten. Entsprechende Informationen werden im erweiterten Sicherheitsdatenblatt übermittelt.

Grundsätzlich sollte der Hersteller im Technischen Merkblatt ggf. darauf hinweisen, dass Nanopartikel in Beschichtungsstoffen enthalten sind.

In Zweifelsfällen sollte der Verwender beim Hersteller oder Händler nachfragen (§7 GefStoffV [3]). Hierzu gibt die Anlage 1 der BekGS 527 [4] in Form einer Musteranfrage konkrete Hilfestellung.

Zusätzlicher Hinweis:

Es werden auch Produkte aus Marketinggründen mit Bezeichnungen wie „Nano“, „nanohaltig“ angeboten, die keine Nanopartikel enthalten.

4.3 Können beim Auftragen (Spritzen, Tauchen, Rollen, Walzenauftrag, Streichen) nanopartikelhaltiger flüssiger Lacke/Beschichtungsstoffe die enthaltenen Nanopartikel freigesetzt werden?

Von den genannten Verfahren erzeugt das Spritzlackieren auch bei herkömmlichen Lacksystemen das größte Gefährdungspotential, da u. a. der Lacknebel in die Atemwege eindringen kann.

Nanoskalige Tröpfchen entstehen bei der Zerstäubung von Flüssiglacken unabhängig davon, ob Nanopartikel im Lack enthalten sind oder nicht. Messtechnische Untersuchungen zum Zerstäubungsverhalten nanopartikelhaltiger Flüssiglacke lassen darauf schließen, dass Feststoffteilchen einschließlich der Nanopartikel auch in feinsten Tröpfchen des Sprühnebels vom Lackmaterial umhüllt bleiben. Die Zerstäubung ist ausschließlich von den rheologischen Eigenschaften des Lackmaterials und der Applikationstechnik abhängig.

Für die Auftragsverfahren Rollen, Walzenauftrag, Tauchen und Streichen gilt dieses umso mehr, da hier im Vergleich zum Spritzen/Sprühen weniger oder gar nicht zerstäubt wird.

Heißenwendungen sind bezüglich der Kondensatbildung (z. B. aus Lösemitteldämpfen) besonders zu betrachten, siehe Frage 4.5.

Ggf. im Sicherheitsdatenblatt festgelegte Verwendungsbeschränkungen des Herstellers (z. B. Verbot des Versprühens) sind immer zu beachten.

4.4 Sind besondere Gefährdungen bei der Spritzverarbeitung nanopartikelhaltiger flüssiger Lacke/Beschichtungsstoffe bekannt?

Bei der Spritzverarbeitung entstehen nanopartikelhaltige Aerosoltröpfchen, die bei unzureichenden Schutzmaßnahmen (Frage 4.9) durch Einatmen in den Körper gelangen können.

Es liegen derzeit keine Erkenntnisse vor, dass hierbei höhere Gefährdungen bestehen als bei der Verarbeitung konventioneller Beschichtungsstoffe.

4.5 Können besondere Gefährdungen beim Abdunsten (Trocknen) nanopartikelhaltiger Lackschichten entstehen?

Nein.

Bei normalen Abdunstprozessen werden die enthaltenen Lösemittel ihrer Flüchtigkeit entsprechend nach und nach als Gase abgegeben. Nanopartikel besitzen im Unterschied zu Lösemitteln keinen Dampfdruck. Ähnlich wie bei den Auftragsverfahren (Frage 4.3) ist eine Freisetzung der Nanopartikel aus der Lackschicht daher auch bei Erwärmung nicht zu erwarten, sie bleiben vom Lackmaterial umhüllt.

Bei Trocknung durch Wärmezufuhr (Konvektion, Strahlung) kann es innerhalb des Trockners zu Kondensatbildung in kälteren Bereichen kommen. Die Kondensattröpfchen enthalten jedoch keine im Beschichtungsstoff eingesetzten Nanopartikel.

Ebenfalls denkbar ist die Entstehung ultrafeiner Partikel durch Zersetzung der Lackschicht bei Überhitzung (Sublimation); auch dieser Effekt tritt jedoch unabhängig vom Einsatz von Nanopartikeln in Beschichtungsstoffen auf. Die freigesetzten ultrafeinen Partikel werden auch in diesem Fall agglomerieren.

4.6 Können besondere Gefährdungen bei so genannten Heißenwendungen (z. B. Kaschieren, Heißspritzen) entstehen?

Die aus dem heißen Lackmaterial freigesetzten Dämpfe bilden beim Abkühlen Kondensate, die auch nanoskalig sein können. Dieser Effekt tritt jedoch unabhängig vom Einsatz von Nanopartikeln in Beschichtungsstoffen auf.

4.7 Sind zusätzliche Gefährdungen beim Auftragen nanopartikelhaltiger Beschichtungspulver zu erwarten?

Soweit Beschichtungspulver Nanopartikel enthalten, werden diese während des Herstellungsprozesses - ähnlich wie beim Flüssiglack - in einer Werkstoffmatrix gebunden.

Daher werden die zugesetzten Nanopartikel auch im Verarbeitungsprozess (Versprühen) nicht freigesetzt.

Der mittlere Partikeldurchmesser von Pulverlacken beträgt 20 - 40 µm.

Zur Freisetzung von Nanopartikeln aus Fluidisierungsmitteln, die entsprechende Partikel enthalten, liegen derzeit keine Erkenntnisse vor.

4.8 Können besondere Gefährdungen beim Schleifen nanopartikelhaltiger Lackschichten entstehen?

Messungen haben gezeigt, dass beim Schleifen ultrafeine Partikel, die aus Bruchstücken der Lackmatrix bestehen, in geringer Anzahl nachgewiesen wurden, allerdings ohne Unterschied zwischen nanopartikelhaltigen und konventionellen Lackschichten. Die enthaltenen Nanopartikel sind fest in der Lackmatrix eingebunden. Der Anteil ultrafeiner Partikel im Schleifstaub hängt im Wesentlichen von den Schleifparametern (Schleifmittel, Korngröße, Geschwindigkeit) ab [5, 6].

4.9 Welche Schutzmaßnahmen sind bei den unterschiedlichen Tätigkeiten ggf. zu treffen?

Spritzlackieren:

Die in BGR 231 [7] geforderten Schutzmaßnahmen sind nach derzeitigem Stand ausreichend. Standard ist der fremdbelüftete Atemschutz, z. B. Leichtschlauchgeräte mit Haube oder Helm oder Filtergeräte mit Gebläse und Haube oder Helm. Bei Arbeiten geringen Umfangs (< 1h/Schicht) oder Verarbeitung geringer Mengen (< 0,5 kg/Schicht) sind alternativ Halbmasken mit Kombinationsfilter A2P2 ausreichend.

Andere Auftragsverfahren für Flüssiglack:

Über die in der Gefährdungsbeurteilung für diese Auftragsverfahren festgelegten Schutzmaßnahmen hinaus sind für die Verarbeitung nanopartikelhaltiger Lacksysteme keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

Pulverlackieren:

Die üblicherweise bei der Pulverbeschichtung erforderlichen persönlichen Schutzmaßnahmen sind auch bei der Verarbeitung nanopartikelhaltiger Pulverlacke ausreichend. In der Regel ist die Benutzung einer Halbmaske mit mindestens P2-Filter oder einer partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 ausreichend.

Schleifarbeiten:

Die üblicherweise bei Schleifarbeiten erforderlichen persönlichen Schutzmaßnahmen sind auch beim Schleifen nanopartikelhaltiger Lackschichten ausreichend. In der Regel ist die Benutzung einer Halbmaske mit mindestens P2-Filter oder einer partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 ausreichend.

Weitere Informationen zur Schutzwirkung von Atemschutzfiltern gegen Nanopartikel siehe Frage 4.12.

4.10 Können besondere Gefährdungen beim Reinigungsarbeiten oder beim Filterwechsel in Kabinen entstehen, in denen nanopartikelhaltige Lacke verarbeitet wurden?

Pulverkabine:

Die üblicherweise bei der Pulverbeschichtung erforderlichen persönlichen Schutzmaßnahmen sind auch bei Reinigungsarbeiten in Pulverkabinen ausreichend. In der Regel ist die Benutzung einer Halbmaske mit mindestens P2-Filter oder einer partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 ausreichend.

Spritzlackierkabine:

Die bei Reinigungsarbeiten in Spritzlackierkabinen grundsätzlich geforderten Schutzmaßnahmen sind nach derzeitigem Stand ausreichend.

4.11 Können besondere Gefährdungen bei Arbeiten an Teilen, die mit nanopartikelhaltigen Lacken beschichtet sind (z. B. Aufkleben / Entfernen von Dekorfolie), entstehen?

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Oberfläche der Lackschicht durch solche Arbeiten nicht beschädigt wird. Da Nanopartikel fest in die Lackmatrix eingebunden sind, ist nicht von einer Freisetzung dieser Partikel auszugehen.

Dies gilt auch bei Verwendung von Klebefolien zum Entfernen von Lackschichten (z. B. im Rahmen von Prüfverfahren).

4.12 Wo sind weitere Informationen über mögliche Gefährdungen durch Nanopartikel in Lacken/ Beschichtungsstoffen verfügbar?

- VdL-Leitfaden für den Umgang mit Nanoobjekten am Arbeitsplatz, Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V., Juni 2010
http://www.lackindustrie.de/Publikationen/_Technische%20Veroeffentlichungen/Seiten/Leitfaden-Nanoobjekte-am-Arbeitsplatz.aspx
- Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche. Ein Betriebsleitfaden, Band 11 der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, September 2009
<http://www.hessen-nanotech.de/dynasite.cfm?dsmid=13995>
- Empfehlung für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz, BAuA / VCI, Mai 2012
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd4.html?nn=667378>
- Schutzmaßnahmen bei ultrafeinen Aerosolen und Nanopartikeln am Arbeitsplatz
<http://www.dguv.de/ifa/Fachinfos/Nanopartikel-am-Arbeitsplatz/Schutzmaßnahmen/index.jsp>
- Wissensplattform Nanomaterialien
<http://nanopartikel.info/cms>
- weiterführende Literatur: [5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese DGUV-Information (ehemals Fachbereichs-Informationsblatt) fasst den derzeitigen Stand der Erkenntnisse über das Auftreten besonderer oder zusätzlicher Gefährdungen der Atemwege bei der Verarbeitung nanopartikelhaltiger Beschichtungsstoffe (flüssig und pulverförmig) zusammen und gibt Empfehlungen für Schutzmaßnahmen, basierend auf den Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Verarbeitung konventioneller Beschichtungsstoffe.

Nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse sind die bei der Verarbeitung (Auftragen, Trocknen, Schleifen) von konventionellen Beschichtungsstoffen geforderten Schutzmaßnahmen auch bei Verwendung nanopartikelhaltiger Beschichtungsstoffe ausreichend.

Diese DGUV-Information beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen zusammengeführten Erfahrungswissen. Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, Herstellern und Betreibern.

Diese DGUV-Information ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Entwurf 10/2013. Weitere DGUV-Informationen bzw. Informationsblätter vom Fachbereich Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [14].

Zu den Zielen der DGUV-Information siehe DGUV-Information FB HM-001 „Ziele der DGUV-Information herausgegeben vom Fachbereich Holz und Metall“.

Literatur:

- [1] DIN ISO/TS 27687:2010 „Nanotechnologien – Terminologie und Begriffe für Nanoobjekte – Nanopartikel, Nanofasern und Nanoplättchen“, Beuth-Verlag, Berlin
- [2] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (REACH-Verordnung).
- [3] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I, Nr. 59, S. 1643) in Kraft getreten am 1. Dezember 2010.
- [4] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 527 "Hergestellte Nanomaterialien" (BekGS 527)
- [5] Characterization of Nanoparticle Release from Surface Coatings by the Simulation of a Sanding Process, *D. Göhler, M. Stintz, L. Hillemann, M. Vorbau*, Ann. Occup. Hyg., Vol. 54, No. 6, pp. 615–624, 2010
- [6] Sanding dust from nanoparticle-containing paints: physical characterisation. *I. K. Koponen, K. A. Jensen, T. Schneider*, Journal of Physics:ConferenceSeries 151 (2009) 012048, 2009
- [7] BGR 231: Schutzmaßnahmenkonzept für Spritzlackierarbeiten - Lack-aerosole, HVBG, Januar 2006
- [8] Size-fractionated characterization and quantification of nanoparticle release rates from a consumer spray product containing engineered nanoparticles, *H. Hagendorfer, C. Lorenz, R. Kaegi, B. Sinnet, R. Gehrig, N. V. Goetz, M. Scheringer, C. Ludwig, A. Ulrich*, J Nanopart Res DOI 10.1007/s11051-009-9816-6, Dezember 2009
- [9] Kleine Partikel in der Luft? Untersuchungsmethode für die Freisetzung von Nanopartikeln aus Lackbeschichtungen, *M. Vorbau, L. Hillemann, P. Fiala, M. Stinz, A. Rommert, D. Eichstädt*, FARBE UND LACK, Dezember 2010
- [10] Klein aber oho? Anwendung der Nanotechnologie im Lack, *Amelie König*, FARBE UND LACK, Oktober 2010
- [11] Vorsorgestrategien für Nanomaterialien. Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), September 2011
- [12] Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien - Bericht und Empfehlungen der NanoKommission 2011, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Dezember 2010
- [13] BGI/GUV-I 5149: Nanomaterialien am Arbeitsplatz, DGUV, Mai 2010
- [14] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall [Publikationen](#) oder www.bghm.de Webcode: <626>

Bildnachweis

Das in dieser DGUV-Information des FB HM gezeigte Bild wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bild 1: Bayer Technology Services GmbH
BTS-TD-ET-PP
51368 Leverkusen

Herausgeber:

Fachbereich Holz und Metall der DGUV
Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen
c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Postfach 45 29
30045 Hannover