

## KORROSIONSSCHUTZ FÜR FEUERVERZINKTE MATERIALIEN

# Schadensfälle bei der Pulverlackierung vermeiden

Bei Duplexsystemen auf Basis von Feuerzink und Pulverlackierung kommt es immer wieder zu Lackfilmstörungen. Der folgende Beitrag zeigt anhand praktischer Beispiele, wie sich Beschichtungsfehler auf Zinküberzügen einschränken lassen und wie sich der Korrosionsschutz von Duplexsystemen nachhaltig beeinflussen lässt.

Die moderne Architektur verlangt seit einigen Jahren verstärkt nach Farbe in Verbindung mit optimalem Korrosionsschutz. Daher sind die Duplexsysteme auf Basis von Feuerzink und Pulverlackierung gefragt. Doch es treten häufig Schadensfälle auf, bei denen bereits nach relativ kurzen Beanspruchungszeiträumen die Pulverbeschichtung versagt, beziehungsweise der Anwender durch eine Vielzahl von Oberflächenstörungen nach dem Lackierprozess eine Abnahme der Beschichtungserzeugnisse verweigert.

Einige Metallbauer geben aus diesen Gründen der Nasslackierung nach wie vor den Vorzug, insbesondere auch für unkomplizierte und nachträgliche Montagearbeiten auf der Baustelle. Dennoch spricht für die Anwendung der Pulverbeschichtung maßgeblich die Beschichtungsqualität und ein hoher Automatisierungsgrad.

Alte und neue Erkenntnisse aus der Praxis und aus Schadensgutachten sind notwendig, um den Umgang mit Feuerzink und Pulverlackierung zu optimieren. Wie lassen sich also Beschichtungsfehler auf Zinküberzügen vermeiden oder einschränken und wodurch kann der Korrosionsschutz von Duplexsystemen nachhaltig beeinflusst werden?

### Früherkennung hilft Fehler zu vermeiden

Jeder Pulverbeschichter sollte alle Beschichtungssubstrate bei Anlieferung einer Eingangskontrolle unterziehen, insbesondere bei feuerverzinkten Materialien. Dabei gilt es, nachfolgende Faktoren zu beachten:

- Erscheinungsbild der Feuerverzinkung (matt grau, metallisch glänzend; siehe Bild 1)
- Kontrolle auf Weißrost (Wischprobe)
- Bestimmung der Zinkauflage (Schichtdickenprüfung, magnetisch-induktiv)
- Begutachtung von Verzinkungsfehlern und Bewertung der Feinputzqualität (Hartzink, Zinkasche, Zinkläufer, Fehlverzinkung oder Zinkbeschädigungen)
- Nachweis von Alt-Passivierungen auf sendzimirverzinkten Blechen (Tropfen-Test)

Bei richtiger Kontrolle lassen sich viele Beschichtungsprobleme schon frühzeitig erkennen und folglich geeignete Lösungen finden. Pulverbeschichter vermeiden so Lackierfehler und können sich gemeinsam mit dem Anwender abstimmen.

### Besondere Bedeutung von Grob- und Feinputz

Bedingt durch den elektrostatischen Pulverbeschichtungsprozess kann der Pulverlackfilm keine signifikanten Unebenheiten der Substratoberfläche kaschieren – im Gegenteil, die Oberflächenstörungen des Zinküberzuges, zum Beispiel Pickel, Läufer und Schuppen, werden durch die Pulverlackierung häufig noch besonders hervorgehoben. Daher kommt dem Grob- und Feinputz der Feuerverzinkung vor der Pulverbeschichtung eine ganz besondere Bedeutung zu. Erfahrungen belegen, dass der Feinputz durch denjenigen am Besten ausgeführt wird, der nachfolgend auch für die Beschichtung verantwortlich ist.

Beim Feinputz darf auf keinen Fall der Zinküberzug vollständig abgetragen werden, da die Verzinkung maßgeblich einen sicheren Korrosionsschutz (Kathodenschutzwirkung) bewirkt (Bild 2). Verzinkungsfehler auf Basis von anhaftenden Verdickungen, insbesondere Läufer, lassen sich aber auch nicht durch den Sweep-Prozess entfernen.

### Oberflächenvorbereitung durch Sweepen

Der Begriff Sweepen von Verzinkungsüberzügen steht für eine vergleichsweise schonende mechanische Strahlbehandlung bei niedrigem Strahlrdruck, flachem Strahlwinkel und Verwendung von nichtmagnetischen Strahlmitteln, wie zum Beispiel Glaskugeln, Edelkorund und Edelstahl. Dabei muss sehr vorsichtig aufgeraut werden, damit der relativ dünne Zinküberzug nicht vollständig abgetragen wird oder die Haf-

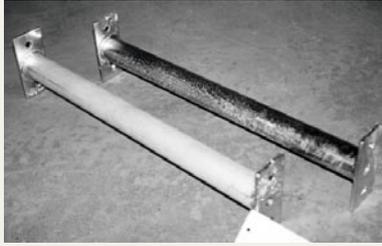


Bild 1: Feuerverzinkung unterschiedlicher Stahlqualitäten



Bild 2: Beim Feinputz durchgeschliffener Zinküberzug

tung zum Stahluntergrund nicht verlor geht.

Ein möglicher Vorzug dieser Oberflächenvorbereitung besteht darin, dass kritische, die Ausgasung unterstützende, Palisadenstrukturen der Zink/Eisen-Legierungsphasen des Zinküberzuges teilweise zerstört, abgetragen oder auch verdichtet werden. Auf diese Weise lässt sich die Ausgasung des Zinkuntergrundes unterbinden. Der Effekt kann teilweise auftreten, es sind aber auch gegenteilige Beispiele aus der Praxis bekannt, insbesondere wenn zu intensiv gestrahlt wurde.

Ein Feinputz ist mit dieser Art der mechanischen Vorbehandlung bei Zinküberzügen nicht möglich. Obwohl die Oberflächen-Aufrauung bei Zinküberzügen für die nachfolgende Pulverlackierung Haftungsvorzüge ermöglicht, stellt diese Art der Vorbehandlung beim Angriff von wässrigen Elektrolyten bei porigen Beschichtungsfilmern keinen wirksamen Korrosionsschutz dar. Auf den unedlen Zinkoberflächen würde sich Weißrost bilden.

### Nasschemische Vorbehandlung gegen Weißrost

Wenn feuerverzinkte Bauteile ungünstig lagern, zum Beispiel Kondenswasser oder aggressiven Salzmedien ausgesetzt sind, neigen diese zur verstärkten Weißrostbildung. Die Korrosionsprodukte können entsprechend der angreifenden Medien sehr unterschiedliche Zusammensetzungen ausweisen, wie zum Beispiel Zink-

chloride, Zinksulfate, Zinkcarbonate oder Zinkhydroxide. Sie haben jedoch in der Regel gemeinsam, dass sie bei bestimmter Temperatureinwirkung ( $>150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in flüchtige Bestandteile, wie Wasser,  $\text{CO}_2$  oder  $\text{SO}_2$  zerfallen. Beim thermochemischen Pulververnetzungsprozess tritt diese Situation verstärkt ein, wodurch mit der Existenz von Weißrost auf der Zinküberzugsoberfläche ebenfalls Ausgasungen verursacht werden können.

Daher ist es besonders wichtig, alle Beschichtungsoberflächen von Weißrostbelägen zu reinigen, bevor eine Pulverlackierung erfolgt. Dies kann durch die mechanische Sweep-Vorbereitung oder auch durch nasschemische Oberflächen-Vorbereitungsverfahren im sauren pH-Bereich  $<1,5$  und  $2,0$  realisiert werden. Bei kombinierten nasschemischen Entfettungs- und Eisenphosphat-Behandlungen im pH-Bereich von  $4,0$  bis  $4,5$  ist dies meist nicht möglich, auch nicht mit höheren Fluorid-Additiv-Zusatz.

### Konversionsschichten auf Feuerzink

Durch den unedlen Oberflächenzustand von Feuerzinkoberflächen unter organischen Beschichtungen, wo die kontinuierliche Sauerstoffzufuhr zum Teil eingeschränkt wird, ist die Existenz von Konversionsschichten mit dem Ziel

- der Haftvermittlung durch bestimmte Rauigkeit
  - des Korrosionsschutz auf Zink durch Schutzschichtbildung
- von besonderer Bedeutung.

Die altbewährten Chromat-Konversionsschichten auf Basis einer Gelb- oder Grün-Chromatierung zeigen bei deren Anwendung immer noch den besten Korrosionsschutz auf Feuerzink. Dies resultiert besonders durch ihre positive Wirkung bei Oberflächenbeschädigungen, wo Chromat-Verbindungen an die Schadensstelle nachdiffundieren können. Chromfreie Konversionsschichten auf Basis von Titan oder Zirkonium sowie auch teilweise Silane können diese Eigenschaft nur im eingeschränkten Maße realisieren.

Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die im April 2009 neu verabschiedete DIN 55633 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Pulver-Beschichtungssysteme) diese Konversionsschichten trotz teilweise gesundheits-schädigender Wirkung favorisieren.

Sicherlich wurden in den letzten Jahren auch alternative Chromfrei-Konversionsschichten erfolgreich auf dem Beschichtungsmarkt eingeführt, jedoch mit wesentlich höheren Anforderungen in der Vorbehandlung hinsichtlich der Fettfreiheit. Darüber hinaus zeigen sie Einschränkungen bei der Multimetall-Behandlung unterschiedlicher Substratwerkstoffe.

### Temper-Technologien zur Einschränkung von Ausgasungen

In der Praxis werden feuerverzinkte Substrate vor der Pulverlackierung häufig einer Wärmebehandlung unterzogen. Das Ziel ist dabei, mögliche Ausgasungen aus dem Zinküberzug bei Temperaturen von  $180$  bis  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  anzustoßen. Damit treten nachfolgend weniger Schwierigkeiten beim thermochemischen Vernetzungsprozess auf.

Es ist bereits seit Jahren bekannt, dass besonders die Feuerverzinkung von Si-beruhigten Stählen mit bestimmten Si- und P-Gehalten zu palisadenstrukturartigen Zink/Eisen-Legierungsphasen führen können. In diesen lagern sich in Hohlräumen auch Beiz-Wasserstoff und andere Gase ein, die beim Pulver-

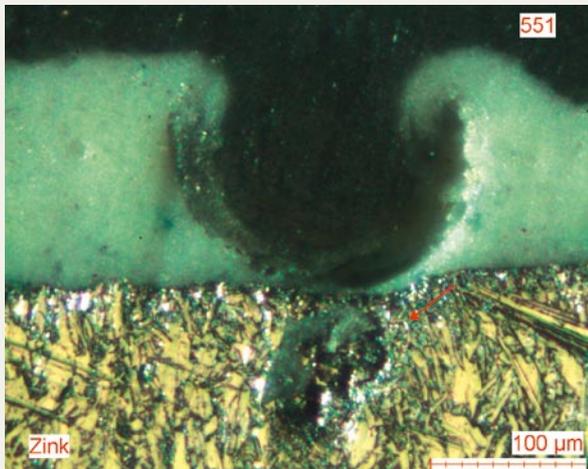


Bild 3: Ausgasungserscheinungen im Pulverlackfilm auf Feuerzink

vernetzungsprozess aus dem Zinküberzug entsprechend austreiben und die Pulverlackfilmbildung möglicherweise behindern. Die dabei entstehenden Blasen führen häufig zu signifikanten Oberflächenstörungen im Pulverlack, was sich besonders in Poren, Kratern und Einlagerung von Hohlräumen (Blasen) in der Beschichtung äußert (Bild 3).

Eine vorhergehende Erwärmung der Zinküberzüge zum Austreiben von Gasen aus den Hohlräumen erweist sich als praktikabel. Nachteilig sind hingegen die hohen Energiekosten für die Erwärmung der Beschichtungssubstrate sowie die damit verbundene Schädigung von zuvor aufgebracht Konversionschemie, insbesondere bei der wärmeempfindlichen Gelb-Chromatierung. Letztendlich bleibt auch festzuhalten, dass derartige Temperprozesse nicht immer die gewünschten Ausgasungserfolge vor der nachfolgenden Pulverlackierung erzielen.

### Ausgasungsarme Pulverlacke

Pulverlackhersteller versuchen seit Jahren durch geeignete Rezepturen Pulverlacke zu entwickeln, die bei Ausgasungen aus den Substratuntergründen die Lackfilmbildung nicht beeinträchtigen. Dies kann besonders durch definierte Beeinflussung der Reaktivität des Pulverlackes erfolgen, insbesondere

durch den Umstand, dass der Lackfilmbildungsprozess langsamer abläuft und somit Ausgasungen noch ungehindert

die Beschichtungsbereiche verlassen können.

Nachteilig sind dabei die Läuferbildungen an kritischen Stellen sowie meist sich an Kanten zu gering ausbildende Pulverschichten. Diese Effekte entstehen durch die zeitlich relativ lange Flüssigphase des Pulverlackes. Darunter leidet insbesondere der Korrosionsschutz der Duplex-Beschichtungen.

Interessant sind in diesem Zusammenhang neue Entwicklungen von speziellen Grundierpulvern. Sie schließen durch geeignete Formulierungen in Reaktivität und Barrierewirkung bestimmte Ausgasungsvorgänge in den Lackfilm ein, ohne dabei die Korrosionsbeständigkeit spürbar zu verschlechtern. Natürlich erfordern diese Maßnahmen eine Zweifachbeschichtung, die jedoch in keinem Gegensatz zu hohen Korrosionsanforderungen



Bild 4: Ein negatives Beispiel der Verwendung von Ausgasungsadditiven zeigt der Schadensfall an einer Buswartehalle



Bild 5: Korrosionsschaden an einem Duplexsystem



**GRACO N.V.**  
 Slakweidestraat 31 • B-3630 Maasmechelen  
 Tel: +32 89 770 700 • Fax: +32 89 770 777  
 info@graco.be • www.graco.com



**XTREME™**  
 Airless-Spritzgeräte

**XM**  
 Mehrkomponenten-Spritzgeräte



[www.graco.com](http://www.graco.com)



BEWÄHRTE QUALITÄT. HERVORRAGENDE TECHNOLOGIE.

[WWW.VIEWEGTEUBNER.DE](http://WWW.VIEWEGTEUBNER.DE)

## Weiß jede Antwort zur Pulverbeschichtung



Judith Pietschmann

### **Industrielle Pulverbeschichtung**

Grundlagen, Anwendungen, Verfahren

3., vollst. überarb. Aufl. 2010. 458 S. mit 278 Abb. u. 76 Tab. (JOT-Fachbuch) Geb. EUR 68,00  
 ISBN 978-3-8348-0463-1

Die industrielle Oberflächentechnik ist ein Wachstumsmarkt. Neue Anwendungen werden ständig erschlossen. Eine vollständige Beschreibung der Grundlagen, Anwendungen und Verfahren zur sicheren Beherrschung von Prozessen lag bisher nicht vor.

Daher bietet das Buch einen systematischen und vollständigen Einblick in die Lackherstellung, Eigenschaften der Pulverlacktypen, Applikationstechnik, Mess- und Prüfmethode. Wichtige Aspekte für die Vorbehandlung und praktische Hinweise zur Fehlererkennung und deren Vermeidung geben zuverlässige Informationen für die Praxis. Die neue normenaktualisierte Auflage wurde besonders in den Kapiteln Pulverlacke, Applikation und Oberflächenvorbehandlung neuen technologischen Entwicklungen angepasst.

**Ja, ich bestelle**

**Fax +49(0)611. 7878 - 420**

Exemplare  
**Industrielle  
 Pulverbeschichtung**  
 ISBN 978-3-8348-0463-1  
 EUR 68,00

Firma \_\_\_\_\_ Name, Vorname \_\_\_\_\_ 321 09 003  
 Straße (bitte kein Postfach) \_\_\_\_\_  
 PLZ | Ort \_\_\_\_\_  
 Datum | Unterschrift \_\_\_\_\_

Geschäftsführer:  
 Dr. Ralf Birkelbach, Albrecht F. Schirmacher  
 AG Wiesbaden HRB 9754

**TECHNIK BEWEGT.**



Änderungen vorbehalten. Erhältlich im Buchhandel oder beim Verlag, zuzügl. Versandkosten

gemäß der DIN 55633 mit Schichtdicken von  $>160\ \mu\text{m}$  bei Korrosivitätskategorien gemäß DIN EN ISO 12 944 von C 5 stehen.

### Verwendung von Ausgasungszusätzen

Ein negatives Beispiel der Verwendung von Ausgasungsadditiven zeigt der folgende Schadensfall. Im Zusammenhang mit einem Beschichtungsversagen an einer Buswarte Halle wurde nach rund zwei Jahren Korrosionsbeanspruchung auf der noch nicht abgelösten Pulverlackierung (RAL 6005) ein signifikant wahrnehmbarer weißer Belag analysiert. Der analytische Nachweis belegte, dass sich auf dem thermochemisch vollständig vernetzten Pulverlackfilm (Bestätigung durch DSC) in größeren Mengen Zinkoxyde, Zinkchloride und auch Zinkhydroxide befanden (Bilder 4 und 5).

Daraufhin wurden diverse Anbauteile der feuerverzinkten und mit Pulverlack beschichteten Stahlkonstruktion demontiert und Segmente davon als metallographische Querschliffe bestimmt. Labortechnische Untersuchungen ergaben, dass die Feuerzink-Substratoberfläche des Duplex-Systems stark korrodiert war.

Zudem hatte sich der Zinküberzug bereits teilweise in Korrosionsprodukte umgewandelt und der Pulverlack löste sich infolge der Weißrostbildung des Zinkuntergrundes ab. Der Pulverlackfilm selbst war als wahrscheinliche Ursache von behinderten Ausgasungserscheinungen im Querschliff mit Poren und Blasen versehen und zeigte sich somit stark porös.

Recherchen ergaben weiterhin, dass bei der Pulverbeschichtung ein handelsüblicher Polyester-Pulverlack in GSB-Qualität Verwendung fand, wobei der Pulverlackierer rund drei bis vier Pro-

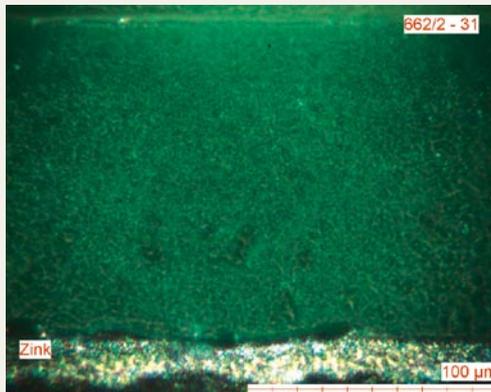


Bild 6: Pulverlackfilm ohne Ausgasungs-Zusatz auf Feuerzink

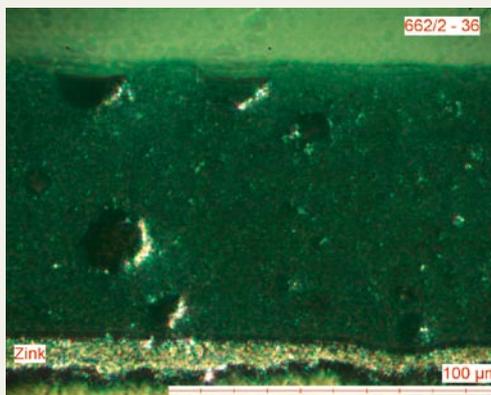


Bild 7: Pulverlackfilm mit Ausgasungs-Zusatz auf Feuerzink

zent Ausgasungsadditiv unmittelbar vor der Pulverapplikation manuell hinzumischte.

### Aufweichung durch Ausgasungsadditiv

Durch die hohe Beanspruchung mit Streusalzen im Zusammenhang mit dem üblichen Winterdienst zeigte sich bereits nach rund zwei Jahren Nutzungsdauer, dass der Ausgasungszusatz eine fortschreitende Korrosion ermöglichte. Die Korrosionsprodukte konnten durch die entstandenen Poren und Lufteinschlüsse sowie die wachsartigen Aufweichung der Polymermatrix des Pulverlackfilms verstärkt zur Feuerzinkoberfläche diffundieren. Zudem gelangten die sich bildenden Korrosionsprodukte auf Basis ihres

osmotischen Druckausgleiches in warmen Jahreszeiten auf die Pulveroberfläche und lagerten sich als schwer lösliche Zinkverbindung dort ab.

Der Schadensfall wurde zum Anlass genommen, die durch den verwendeten Ausgasungszusatz mögliche verringerte Korrosionsbeständigkeit der Pulverlackierung nachzustellen. Entsprechende Beschichtungsversuche an feuerverzinkten Musterblechen (Oberflächenvorbereitung durch Sweepen) mit Polyester-Pulver von drei verschiedenen Lackherstellern wurden mit und ohne Ausgasungszusätze umgesetzt und im neutralen Salzsprühtest in Anlehnung an ISO 9227 mit 720 h beansprucht. Bei zwei der drei untersuchten Pulver wurde eine signifikante Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit bei Verwendung des Ausgasungszusatzes festgestellt.

Erneut konnten die Korrosionsprodukte des Zinks bei eigentlich noch relativ gut haftenden Pulverlackfilmen auf der Lackoberfläche ermittelt werden. Dieses

Phänomen war an Lackfilmen ohne Ausgasungszusatz nicht zu beobachten. Ebenfalls zeigten sich ohne Wachsadditive deutlich bessere Korrosionsbeständigkeiten (Bilder 6 und 7).

### Füllstoffanteile gewährleisten höhere Beständigkeit

Bei dem dritten Polyester-Pulverlack, der sich durch eine besonders hohe Dichte kennzeichnete ( $>1,75\ \text{g/cm}^3$ ) trat die Korrosion nicht so stark auf. Wahrscheinlich ist dies durch die höheren Füllstoffanteile bedingt, die sich in Verbindung mit den Ausgasungsadditiven eventuell stärker auf der Substratoberfläche verdichten und gegen Wasserdampf-Diffusion einen größeren Widerstand aufweisen können. Damit gewähr-

leisten die Füllstoffanteile eine höhere Barrierewirkung der Beschichtung.

Der Einsatz von Wachsadditiven, die durch den Pulverbeschichter eigenständig zugegeben werden, ist demnach hinsichtlich einer möglichen Beeinträchtigung der Korrosionsbeständigkeit auf feuerverzinkten Substratwerkstoffen entschieden abzulehnen. Vielmehr sollte künftig eine geeignete Pulverlackmodifizierung durch entsprechende Lackformulierungen den Pulverherstellern selbst überlassen werden.

### Gestaltung des Pulver-Einbrennprozesses

Untersuchungen auf Basis der Variation des thermochemischen Pulververnet-

zungsprozesses konnten bei gasenden Substratuntergründen eine Verringerung der Lackfilmstörungen nachweisen. Diese Wirkung setzt voraus, dass die Aufheizphase des Gelierprozesses im Anstieg verringert, beziehungsweise eine Art Haltezone im Temperaturbereich von 100 bis 120 °C über einen bestimmten Zeitraum, ermöglicht wird. Diese Haltezeit darf andererseits nicht zu lange ausgedehnt werden, da es sonst auch zu Kantenablauf-Erscheinungen kommen kann.

Zusammengefasst wird nochmals betont, dass bezüglich der Vermeidung von Lackfilmstörungen, resultierend aus Ausgasungserscheinungen bei verzinkten Untergründen, sicherlich ver-

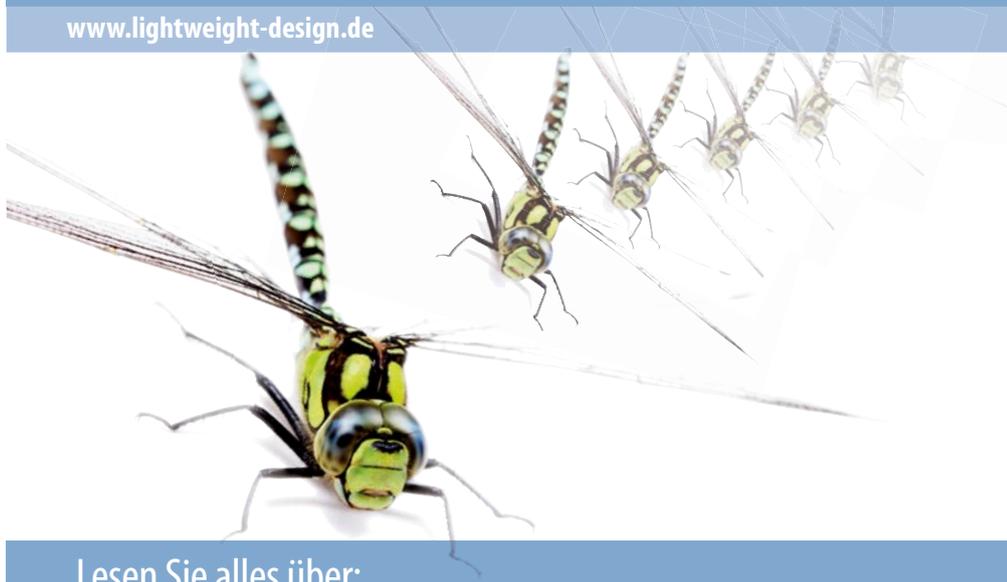
schiedene Wege zum Ziel führen können. Jedoch bleibt nach wie vor noch ein gewisser Unsicherheitsfaktor für den Beschichter bestehen. Resultierend daraus sollte in Zukunft mehr Gewicht auf die Anwendung neuartiger Pulver-Dual-Systeme ohne Feuerzink gelegt werden. —

#### Der Autor:

Dr. Thomas Herrmann, Gutachter für Pulverbeschichtungstechnologien, Dresden,  
Dr. Herrmann GmbH & Co – Gutachterlabor,  
Tel. 0351 4961103,  
dr.herrmann@pulverlack-gutachter.de,  
www.pulverlack-gutachter.de

## lightweightdesign – Ideen zum Abheben

[www.lightweight-design.de](http://www.lightweight-design.de)



Lesen Sie alles über:

Composites, neue Leichtbaukonzepte, Werkstoffcharakterisierung, Verbindungstechniken, zerstörungsfreie Prüfverfahren, Rapid Prototyping, FEM/CAE/CAD-Simulation, Leichtbau in den Anwendungsbereichen: Bootsbau, Maschine, Sport, Wind, Luftfahrt, Auto u.v.m.

Bestellmöglichkeit über die website: [www.lightweight-design.de](http://www.lightweight-design.de)

