

# Effektive Produktionskontrollen

Bei der Qualitätskontrolle von Beschichtungsprozessen mit dem Ziel, die Wirkung des Korrosionsschutzes zu prüfen, gibt es noch Handlungsbedarf. Viele Verfahren sind im Prozess nur eingeschränkt nutzbar und nicht geeignet, schnell Unregelmäßigkeiten zu erkennen und den Prozess nachzusteuern.

Dr. Thomas Herrmann

Bereits 2006 zeigte eine Analyse, dass es in einigen Regionen Deutschlands Überkapazitäten auf dem Pulverlackiermarkt gab. Hieraus resultierte auch der Zwang der Betriebe, die Produktion so effektiv wie möglich zu gestalten. Dazu gehört eine kostengünstige Beschichtungstechnologie mit Berücksichtigung der Produkt- und Wareneingangskontrolle, damit Beschichtungsfehler frühzeitig erkannt und vermieden werden. Damals ergab eine Analyse der gutachterlichen Tätigkeit des Autors, dass sich die bearbeiteten Schadensfälle und Qualitätsreklamationen bei Pulverbeschichtungen hauptsächlich auf acht Ursachen zurückführen ließen.

Seitdem sind zehn Jahre vergangen, und die Anzahl der Beschichtungsanlagen dürfte nochmals um 15 bis 20 % gestiegen sein. Der größte Anteil davon entfällt auf Warenproduzenten, die eine eigene Beschichtungstechnik aufgebaut haben, um effektiver und schneller lieferfähig zu sein. Die Konsequenz: Insbesondere die Lohnbeschichter stehen verstärkt unter dem Druck, den Lackierprozess mit Blick auf günstigste Kosten bei höchster Qualität weiterzuentwickeln.

Vor diesem Hintergrund kommt es umso mehr darauf an, Qualitätsausfälle und Reklamationen zu vermeiden. Dabei ist es hilfreich, die Ursachen von Schadensfällen

<b>Schadensursache bezogen auf Begutachtungsprojekt</b>	Anteil in % 2006	Anteil in % 2016
falscher Werkstoffeinsatz	5	3
keine korrosionsschutzgerechte Konstruktion	3	7
mangelnde nasschemische Oberflächenvorbehandlung	30	28
falsche nasschemische Vorbehandlungsverfahren	15	12
ungenügende mechanische Oberflächenvorbereitung	7	6
ungeeigneter Pulverlack	15	12
fehlerhafte Pulverapplikation	5	13
ungenügende Pulverlack-Aushärtung	12	8
sonstige Fehlerursachen (KTL, Eloxal, Verzinkung Verpackung, Schutzfolierung)	8	11

**Tabelle 1:** Schadensursachen an Pulverbeschichtungen 2006 und 2016.

zu analysieren, um geeignete Schritte zu deren Vermeidung einzuleiten.

## Ursachen für Schadensfälle an Pulverbeschichtungen

Auf der Basis von mehr als fünfzehn Jahren Gutachtertätigkeit auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes in Verbindung mit der Pulverbeschichtung – darüber hinaus der Nasslackierung sowie Emaillierung, Eloxierung und Metallisierung – wurden die Ursachen für Schadensfälle nun erneut ermittelt. Das Ergebnis ist in *Tabelle 1* zu sehen. Die angegebenen Ursachen führten zu Schadensfällen bei Pulverbeschichtun-

gen hinsichtlich Lackhaftung, Unterrostung und Oberflächenstörungen.

Aus dieser Analyse lassen sich Maßnahmen zur Verbesserung des Beschichtungsprozesses ableiten. Erstens sollte der Beschichter die verwendeten Materialien und Bearbeitungsverfahren prüfen und aufeinander abstimmen. Zweitens ist eine Überwachung des Beschichtungsprozesses unabdingbar. Drittens ist auch eine Kontrolle des Beschichtungsergebnisses im eigenen Betrieb empfehlenswert. Aus diesen Maßnahmen wiederum ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Beschichtungssystem und den Lackierprozess. Der Beschichter sollte den



© Dr. Herrmann

**Bild 1** > Fehlerbeispiel 1:  
Hier wurden die Beanspruchungsbedingungen einer Aluminiumfassade an einer Fernverkehrsstraße nicht berücksichtigt.

Einfluss ermitteln, den Einsatzort, Verwendungszweck und Haltbarkeitsdauer auf das Beschichtungssubstrat ausüben. Und er sollte die einschlägigen Qualitätsrichtlinien (wie GSB, Qualicoat, QIB, IQC), Industriestandards (zum Beispiel DB, Automotive) sowie spezielle Kundenvorgaben berücksichtigen.

### Drei Schritte zur Qualitätsverbesserung

Lackierbetriebe, die ihre Produktionsabläufe sehr effektiv und kostengünstig sowie unter höchsten Qualitätsvorgaben gestalten, berücksichtigen insbesondere drei Verfahrensschritte bei ihren Beschichtungsprozessen.

Schritt Eins ist die Analyse spezieller Anwenderanforderungen. Dazu gehört die Bewertung von Korrosivitätskategorien und Schutzdauern bei der Festlegung der geeigneten Beschichtungstechnologie (nach DIN EN ISO 12944) bezüglich C2/C3/C4/C5-I/C5-M. Hier spielen individuelle Anwenderanforderungen hinsichtlich Witterung, UV-Belastung, Chemikalienbeständigkeit und Mechanik ebenso eine Rolle wie die Vorgabe einer Haltbarkeitsdauer beziehungsweise eines Gewährleistungszeitraums und, wie erwähnt, branchenspezifische Qualitätskriterien.

Im zweiten Schritt sollten Waren- und Produkt-Eingangskontrollen definiert werden. Zum Beispiel sollten die Beschichtungssubstrate bei Anlieferung überprüft werden, um mögliche Lackierfehler frühzeitig zu vermeiden. Fehler können beispielsweise eine starke Verfettung der Oberflächen sein, Rost- und Zunderauflagen, Oberflächenschädigungen wie Kratzer, Dellen und Verzinkungsfehler sowie Oberflächenverglasungen durch Laserschnitt.

Selbstverständlich sind auch OVB-Hilfsmittel und Beschichtungsstoffe zu prüfen, wie zum Beispiel der Anlieferungszustand der Chemieprodukte sowie die Reinheit und die Kornfraktionen des Strahlmittels. Eine Pulverlack-Verarbeitungsprüfung gehört ebenfalls dazu.

Drittens schließlich ist eine Qualitätsüberwachung des gesamten Produktionsablaufes unerlässlich – von der nassche-



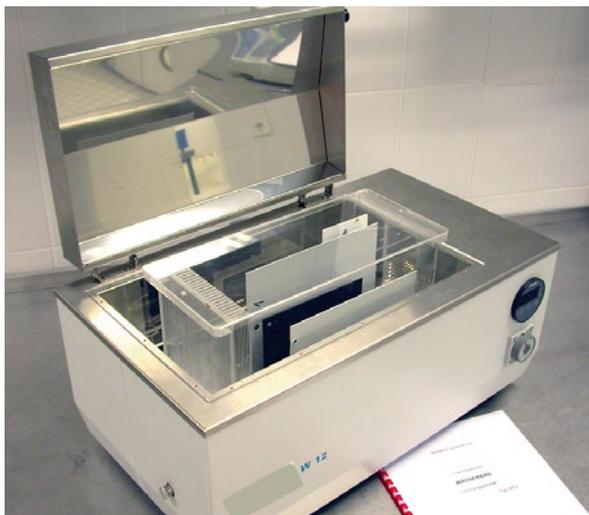
© Dr. Herrmann

**Bild 2** > Fehlerbeispiel 2:  
Stauflüsse-Einwirkung an mit Nasslack beschichteten Feuerschutztüren in einem Atomkraftwerk.



© Dr. Herrmann

**Bild 3** > Fehlerbeispiel 3:  
Pulverlackierung von Stahlrohren ohne Zinküberzug bei starker Korrosionsbeanspruchung.



**Bild 4** > Korrosionsschnellprüf-Test (KSP) zur effektiveren Produktionskontrolle.

© Dr. Herrmann

mischen Oberflächenvorbehandlung über die Pulverapplikation und den Pulververnetzungsprozess bis zur Lackfilmprüfung am Beschichtungsmuster beziehungsweise Fertigerzeugnis.

### Verschiedene Arten von Prüfvorschriften und Normen

Normen beschreiben in der Regel die Durchführung von Prüfungen und die Dokumentation von Messergebnissen. Sie beinhalten meist keine Vorgaben für einzuhaltende Mindestanforderungen. Dabei sind die europäischen ISO-Standards deutlich weiter gefasst als deutsche DIN-Normungen. Das liegt daran, dass ISO-Standards der Zustimmung aller EU-Mitgliedsstaaten bedürfen.

Letztendlich haben alle Normungen empfehlenden Charakter und sollten den aktuellen technischen Stand von verschiedenartigsten Produktionsprozessen und Qualitätsparametern bestimmen. Man unterscheidet folgende Vorschriften:

- Normen, Richtlinien und Standards (ISO, DIN, ASTM)
- Brancheneigene Regeln (wie VFF-Merkblätter, GSB-/Qualicoat-Empfehlungen)
- Werksnormen (Automobilhersteller, Deutsche Bahn)
- Vereinbarungen zwischen Beschichtungsbetrieben und Kunden (Transport, Verpackung, Toleranzen, Grenzmuster)
- Verfahrensanweisungen im Unternehmen
- Qualitätsmanagement im Beschichtungsbetrieb.

Gütegemeinschaften kontrollieren ihre Mitglieder in der Regel durch neutrale Institutionen unangekündigt vor Ort und stellen auch Mindestanforderungen an die Produktionskontrolle, das heißt an ein internes Prüflabor. Zusätzlich erfolgen jährliche Muster-Untersuchungen durch autorisierte Institute. Alle Maßnahmen, einschließlich der Mitgliedschaft in der jeweiligen Gütegemeinschaft, sind entgeltlich.

### Vorschriften für das Prüflabor

Die Gütegemeinschaften machen dem Lackierbetrieb in der Regel Vorgaben für das einzurichtende Prüflabor, zum Beispiel für die Messgeräte und die Prüfungen. Dies betrifft auch die Aufzeichnungen der Produktionskontroll-Maßnahmen sowie die Arbeit mit Rückstell- und Grenzmustern.

Kritisch ist dabei der seit Jahren praktizierte Trend, dass verschiedene Prüfmethode nicht jeweils auf das eigentliche Produktionssortiment angepasst werden. Ein Beispiel dafür ist das Vorgeben von Musterblechen aus Substratwerkstoffen, die in dem jeweiligen Lackierbetrieb sonst nicht zum Einsatz gelangen. Problematisch sind teilweise auch Korrosionsbedingungen in angeblich simulierten zeitraffenden Beanspruchungsprüfungen, die nicht dem tatsächlichen Anwendungsfall entsprechen.

Generell sind solche vorgeschriebenen Produktionsüberwachungsprüfungen oft zu arbeitszeitaufwendig, zu eingeschränkt in ihrer praktischen Aussagefähigkeit und zu kostenintensiv. Das gilt be-

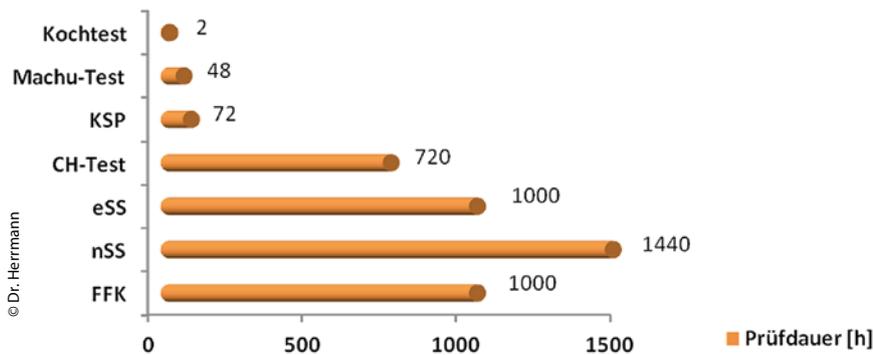
sonders für Prüfvorgaben, die nur auf die nasschemische OVB (pH- und Leitwertprüfungen, Schichtgewicht, Kochtest und Beizabtrag an QUV-Blechen) sowie nur auf ausgewählte mechanische Lackfilmparameter abzielen (Gitterschnitt, Dornbiegung, Erichsen-Tiefung, Kugelschlag, Reflektor-Wert [Glanz]). Diese Tests werden an dünnen QUV-Al-Blechen durchgeführt, die häufig nicht den normalen Produktionsanforderungen des Beschichtungsbetriebs entsprechen.

### Keine Prüfung von nicht vernetztem Pulverlack

Eine wirkliche Produktionsüberwachung ist damit nur eingeschränkt möglich. Völlig unberücksichtigt bleiben Prüfungen an nicht vernetzten Pulverlacken, das heißt eine Eingangskontrolle der Beschichtungsstoffe. Sie ist empfehlenswert, um die Parameter des Verarbeitungsverhaltens zu bewerten:

- Viskositätsbestimmung zur Pulverrezeptur-Charakterisierung
- Pillenablauf zur Charakterisierung der Reaktivität
- Fluidisierung mittels Sames-Prüfgerät
- Pulver-Aufladungsverhalten
- Wasseraufnahmeverhalten
- Rieselverhalten
- Kornverteilung.

Diese Verarbeitungsprüfmethoden des Pulverlackes sind gegenwärtig nicht Gegenstand der Qualitätsbewertung der führenden Gütegemeinschaften in Deutschland. Den Qualitätsmerkmalen der Pulverlacke



**Bild 5** > Prüfdauer bekannter Kurzzeitprüfungen und Schnelltests im Vergleich.

im nicht eingebrannten Zustand wird somit kaum Aufmerksamkeit geschenkt.

Auch die vorgeschriebenen Korrosionsbeanspruchungsprüfungen sind schon aufgrund der langen Prüfzeiten (bis zu 1440 Stunden) nicht auf eine schnellstmögliche Qualitätsbewertung in der Produktion ausgerichtet. Man kann anhand dieser Tests somit keine Aussagen treffen, während sich die Beschichtungsteile noch im Lackierbetrieb befinden. Das gilt zum Beispiel für den Neutralen Salzsprühnebeltest (NSS) und den Essigsauren Salzsprühnebeltest (ESS) nach ISO 9227, den Filiformkorrosionstest nach DIN EN ISO 4623 oder 3665 sowie den Kondenswasser-Konstantklimatet (CH-Test) nach DIN EN ISO 6270-2.

### Sinnvoll: Schnellprüfungen für Korrosion

Hier ist es unbedingt notwendig, sogenannte Korrosionsschnellprüfungen mit einer Prüfdauer von maximal drei Tagen zu entwickeln, damit der Beschichter bei Qualitätsproblemen noch rechtzeitig reagieren kann. Die Anwendung des Machu-Tests ist in diesem Zusammenhang sehr umstritten, da er im Wesentlichen nur für Alu-Substratwerkstoffe verwertbare Aussagen liefert. Auch der Kochtest gestattet im Allgemeinen nur die Qualitätsbestimmung einer relativ fehlerfreien nasschemischen OVB und nicht der generellen Korrosionsbeständigkeit des kompletten Beschichtungsaufbaus. Gleiches gilt für die Ruhepotenzialmessung, die nur für bestimmte Vorbehandlungstechnologien gesichert

anwendbar ist. Beim kathodischen Delaminations-Verfahren als zeitraffende Schnellprüfung zeigen sich ebenfalls signifikante Praxisdefizite.

Als wesentlich relevanter erweist sich dagegen der KSP-Test (Korrosionsschnellprüf-Test), der seit Jahren erfolgreich im Gutachter-Prüflabor des Verfassers als Kurzzeitprüfung mit einer Dauer von 24 bis 72 Stunden angewendet wird.

Dabei lässt man eine für bestimmte Substratwerkstoffe zusammengestellte und in destilliertem Wasser gelöste Korrosionsbeschleuniger bei einer Prüftemperatur von 40 °C oder 60 °C auf eine zuvor bis zum Metalluntergrund angeritzte Pulverbeschichtung einwirken. Anschließend bestimmt man die Unterrostung und die Lackfilm-Enthaftung (in mm ausgehend vom Ritz) sowie den Blasengrad in Anlehnung an DIN EN ISO 4628-2. Unterschiedliche Prüfzeiten für verbreitete Korrosionsbeanspruchungsprüfungen und Korrosionsschnellprüfungen sind in *Bild 5* dargestellt.

### Neue Prüfverfahren zur Produktionsüberwachung

In den nächsten Jahren müssen bestimmte Prüfverfahren gründlich auf ihre praktischen Anwenderaussagen hin überprüft werden. Dazu gehören die Gitterschnittprüfung für die Bewertung der Lackfilmhaftung, die Farb- und Effekt-Bewertung von Beschichtungsfilmern sowie Korrosionsbeanspruchungsprüfungen hinsichtlich Prüfzeit und Aussagekraft. Es ist wünschenswert, dass relativ einfache

und kostengünstige Prüfmethode in den nächsten Jahren verstärkt in die Beschichtungspraxis eingeführt werden. Das betrifft folgende Prüfkriterien:

- Charakterisierung der Kratzfestigkeit mit Nachweis der Ritztiefe
- Vereinfachter Nachweis von chromfreien Konversionsschichten
- Strukturbewertung von Lackfilmen (messtechnische Klassifizierung)
- Entfettungsgrad bei Vorbehandlungsprozessen (Restkohlenstoffgehalt/m<sup>2</sup>)
- KSP-Test in Anlehnung an NSS (9227) zur Schnellbeurteilung
- Wasserdampfdiffusionsverhalten von ausgehärteten Lackfilmen
- Porendichtigkeitsprüfungen an Beschichtungen
- Stempelabriss-Prüfung zur Bestimmung der Lackfilm-Haftung (ISO 4624) anstelle der Gitterschnitt-Bewertung. Dabei sollte für praxisorientierte Produktionskontrollen folgendes Prüfprinzip zur Anwendung kommen: So wenig wie möglich, aber so viel wie nötig. //

### Der Autor

**Dr. rer. nat. Thomas Herrmann**

Öffentlich bestellter und vereidigter Gutachter für Pulverbeschichtungstechnologien und Korrosionsschutz von Metallen, Dresden, Tel. 0351 4961103, office@pulverlack-gutachter.de, www.pulverlack-gutachter.de