

*Vollständige Ausnutzung der Fehlermöglichkeiten im
Pulverbeschichtungsprozess*

Ernst-Hermann Timmermann

Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V.

Neuss

Warum dieser Vortrag?

- Fehler im Pulverbeschichtungsprozess sind sehr „beliebt“
- Die Gründe sind sehr vielfältig ...
- Typische Gründe für Fehler im Pulverbeschichtungsprozess
 - Unzureichende Kenntnisse zur Notwendigkeit der Vorbehandlung vor der Beschichtung
 - Fehlendes Gesamtverständnis des komplexen Gesamtprozesses „... *Pulverbeschichtung ist doch so einfach ... das schafft zur Not auch ein dressierter Affe ...*“
 - Nicht ausreichende Kenntnisse was Pulverlacke können und was nicht
 - ...
- Anhand von ausgewählten Beispielen aus dem Bereich der Schadensanalyse der DFO sollen typische Fehlerbilder und deren Ursachen dargestellt werden.

Keine „Haftung“ ohne Vorbehandlung

Begrifflichkeiten

Haftfestigkeit (technisch):

Haftfestigkeit ist das Maß für den Widerstand einer Beschichtung gegen ihre mechanische Trennung vom Untergrund

Haftung (juristisch):

Haftung bedeutet grundsätzlich, dass „jemand“ für einen Schaden einstehen muss. Die **Haftung** kann sich dabei aus einem Vertrag oder aus einem Gesetz ergeben.

Meist setzt eine Haftung ein Verschulden (Vorsatz oder Fahrlässigkeit) voraus. Es gibt allerdings auch eine verschuldensunabhängige Haftung, z.B. die Tierhalterhaftung oder die Produkthaftung.

(Quelle: nach rechtswörterbuch.de)

Fazit: Ein **Haftfestigkeits**problem kann demnach ein **Haftungs**problem im juristischen Sinne zur Folge haben!

Eigenwillige Fragestellungen

[REDACTED]

D - **[REDACTED]**

Tel.: 0049 **[REDACTED]** / **[REDACTED]**

Fax: 0049 **[REDACTED]** / **[REDACTED]**

eMail: **[REDACTED]**

Internet: www.hydrosoldik.wing.de

Internet: www.hilite.com

Betreff: Lack für ölige Untergründe

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir sind auf der Suche nach einem Lack, bei dem wir Metalle vor dem

Lackieren nicht mehr entfetten müssen. Sie als kompetente Institution,

können mir evtl. helfen, bzw. sagen ob es so einen Lack überhaupt gibt.

Für eine baldige Antwort Ihrerseits bedanke ich mich bereits im Voraus.

mfg **[REDACTED]**

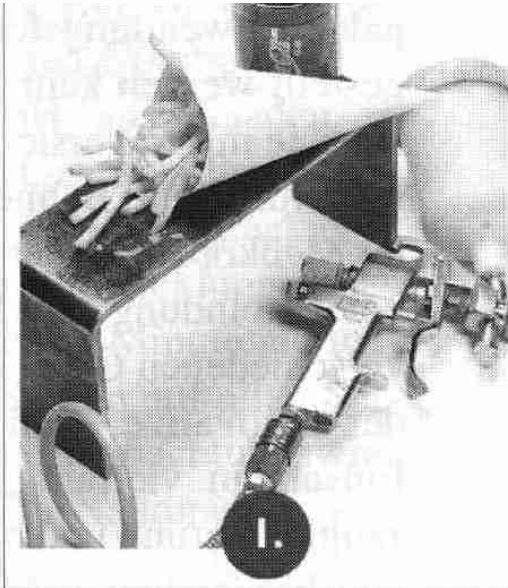
Die Lösung ??

Interessante Lösungen

Was ist ein innovativer Wasserlack?

Oder: Was Sie schon immer über Wasserlacke wissen sollten!

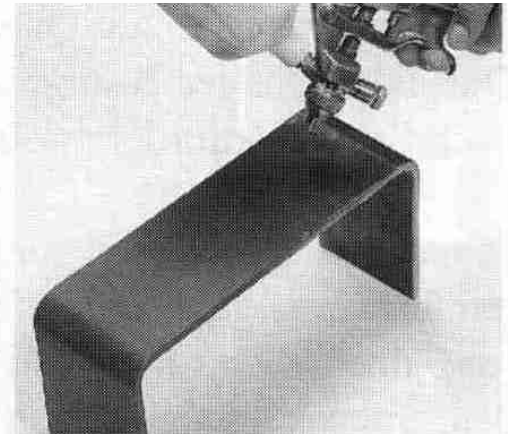
von Rolf Dürschmidt, Regensburger Lacke, Regensburg



1.



2.



Die Lösung: Der innovative Wasserlack

von Farben und Lacke durch die neue VOC-Richtlinie zukommen, sind lösbar. Trotzdem darf man einige Tücken bei der Verarbeitung der Wasserlacke nicht ver-

sai
ne
lac

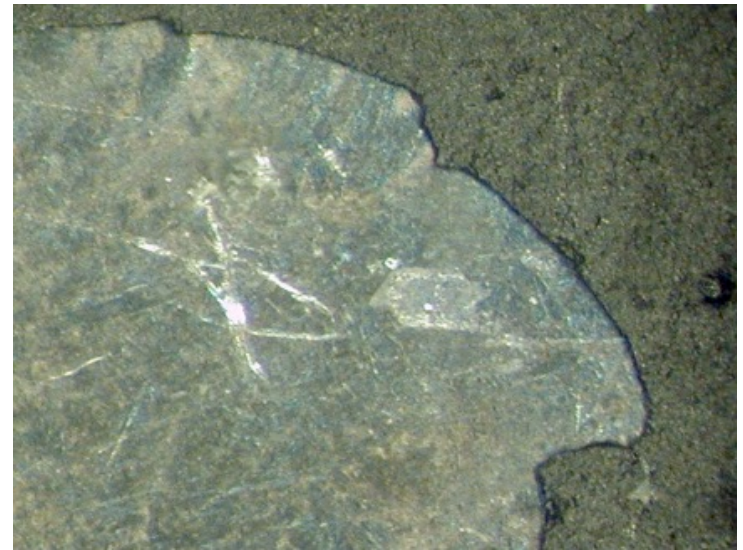
Die neuen Wasserlacke der Regensburger Lacke sind alles andere als üblich. Ein Beispiel dafür ist Redohyd 3 Einschichtlack mit „Fettlöseformel“. Dieser Einschichtlack (= Grundierung und Decklack in einem) bringt eine Arbeitseinsparung von 40 Prozent gegenüber einer konventionellen Lackierung. Da nur ein Arbeitsgang notwendig ist, reduziert sich auch der Overspray und so

Haftfestigkeitsverluste bei der Beschichtung von Zink oder verzinkten Bauteile

Keine „Haftung“ ohne Vorbehandlung



Weißrost an verzinkten Bauteil wurde nicht entfernt



„Lopez-Effekt“ an beschichteten Zinkdruckgussbauteil

„Abgezogen“

Die Beweisbeschluss des Gerichtes ...

- ❑ ... Weist die Pulverbeschichtung an den Balkongeländern der Antragsteller, sowie an den weiteren vom Antragsgegner beschichteten Objekten Abplatzungen auf?
- ❑ Worauf sind diese Abplatzungen zurückzuführen? Liegt ein Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik vor? Inwiefern? ...



„Abgezogen“

Ergebnisse & Erkenntnisse

- Im Rahmen der weitergehenden Untersuchungen und Recherchen konnte folgendes festgestellt werden
 - Die Bauteile wurden vor der Beschichtung nur mit Lösemittel abgewaschen.
 - Der offensichtlich auch bei der Beschichtung schon vorhandene Weißrost wurde nicht entfernt.
 - Die Folgen sind auf den Fotos zu erkennen.
- Die prozesssichere Entfernung von Weißrost kann über chemische Prozesse aber auch über Strahlprozesse (Sweepen) erfolgen.

Abgeplatzt – Oder was „Biologie“ mit
Haftfestigkeit zu tun hat!

Abgeplatzt ...

- Beim Einsatz „neuer“ Passivierungen (z.B. auf Basis zirkonhaltiger Verbindungen) kommt es immer wieder zu „unerklärlichen“ Haftfestigkeitsverlusten der Beschichtung.
- In den Anfängen konnten die Ursachen nicht eindeutig zugeordnet werden.
- Mittlerweile sind die Zusammenhänge gut verstanden. Dennoch treten solche Fehler nach wie vor auf.

Abgeplatzt ...



„Ausfallteil“

„i.O. Teil“

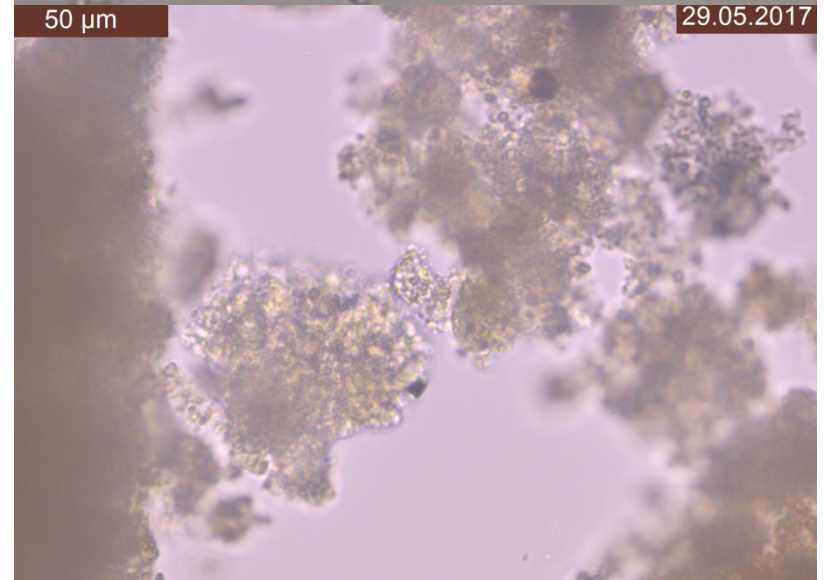
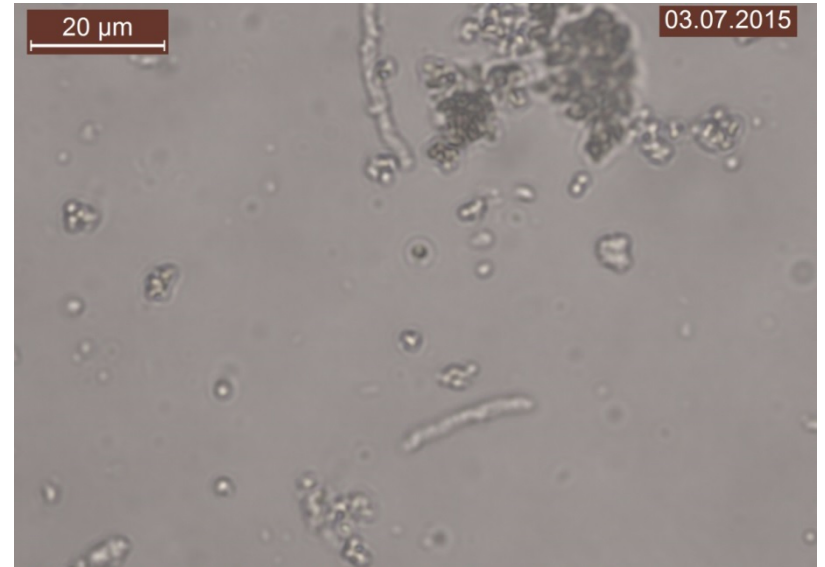
Abgeplatzt ...

- Die „neuen“ Schichten benötigen eine Schichtdicke, die im Bereich von ca. 100 nm liegt.
- Zu hohe Schichtdicken führen zu spröden Schichten
- Hohe Schichtdicken entstehen durch zu hohe Badkonzentrationen
- Hohe Konzentrationen im Aktivbad entstehen mindestens auf zwei bekannten Wegen:
 - Badsteuerung über den pH-Wert -> Sofern die Bauteile alkalisch gereinigt werden kann es zu einer Verschleppung der Alkalität in den Bereich des Aktivbades kommen. Der pH Wert steigt es wird saures Medium nachdosiert, -> zu hohe Konzentrationen -> zu hohe Schichtdicken
 - Bei 30°C kann es im Aktivbad zu einer Anreicherung von „Biologie“ kommen. Diese „Biologie“ akkumuliert das Zr des Aktivbades. Bei einer Nachdosierung kommt es durch die Senkung des pH-Wertes zu einer Freisetzung des Zr aufgrund des „Abtötens“ der Biologie -> zu hohe Schichtdicken

Abgeplatzt ... Biologie in der Vorbehandlung



„Biologie“ an Behälterwänden (oben und unten) und unter dem Mikroskop (rechts)



Fleckenbildung bei der Pulverbeschichtung

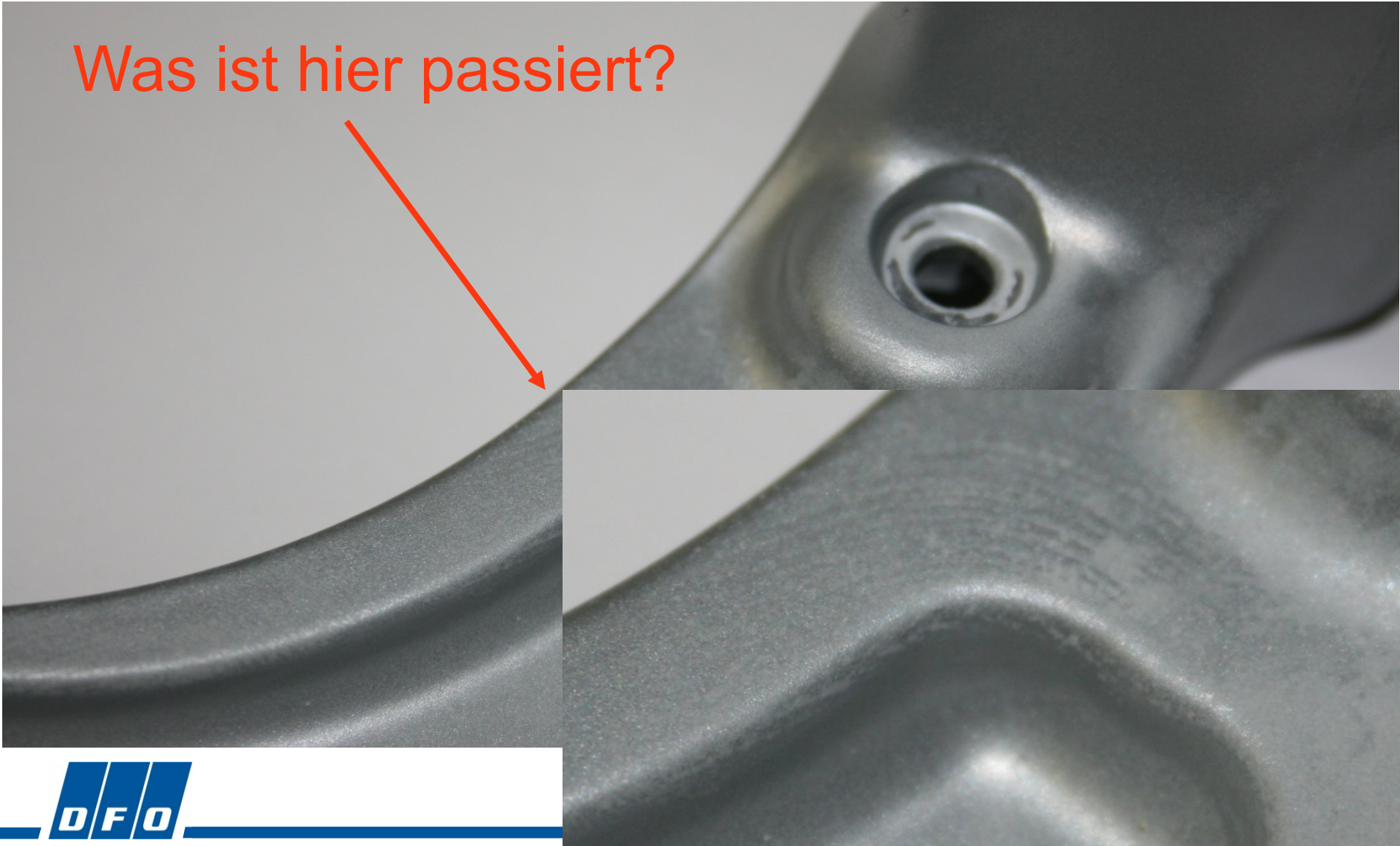
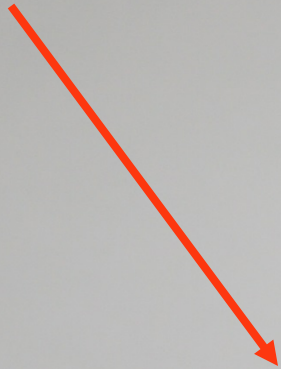
„Fleckenbildung“

Die Ausgangssituation

- Ein Unternehmen lässt Bauteile in den USA beschichten und montieren.
- Bei der 100%-Kontrolle in den USA werden keine Fehler festgestellt.
- Nachdem Seetransport weisen 100% der Bauteile bei der Ankunft in Hamburg „fleckentartige“ Fehlstellen auf, deren Herkunft nicht bekannt sind.

„Fleckenbildung“

Was ist hier passiert?



„Fleckenbildung“

Die Aufklärung

- Bei den Flecken handelt es sich um Fingerabdrücke, die sich unter Beschichtung befinden
- Unter der Beschichtung konnte mit Hilfe der Röntgenmikroanalyse (EDX) Natriumchlorid („Salz“ -> von der Hautoberfläche) nachgewiesen werden
- Diese „Salzschicht“ wurde mit Pulverlack beschichtet.
- Bei der „Feuchtraumlagerung“ während des Seetransportes führten osmotische Effekte zu einem „Anquellen“ (vergleichbar mit geplatzten Süßkirschen nach einem Regenfall im Sommer)

„Selektive Wahrnehmung“ bei der Auslegung von Technischen Datenblättern

Pulverlacke kühl und trocken lagern

Lagerbeständigkeit

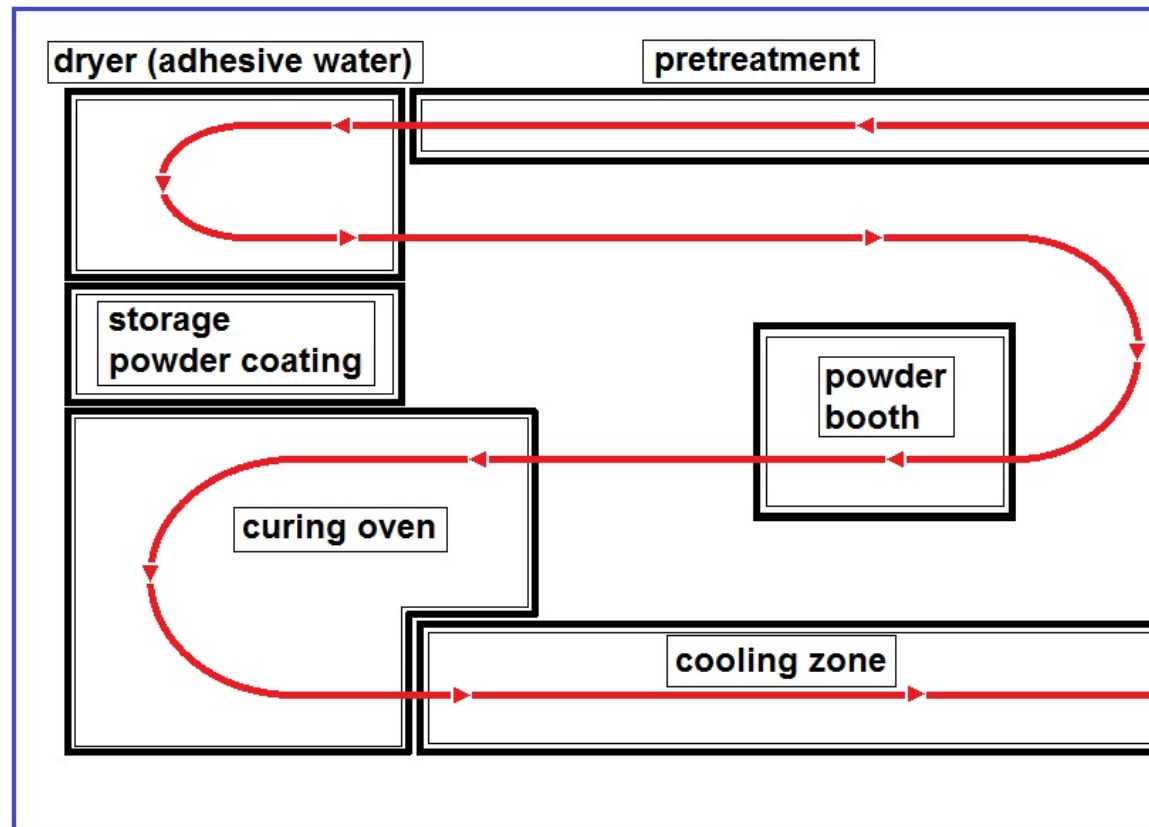
Im Originalgebinde mindestens 9 Monate bei 15 bis 25 °C.
Pulverlacke sind kühl und trocken zu lagern.

- ... so oder ähnlich steht es auf den Technischen Datenblättern von Pulverlacken.
- Die Lagerorte, die man dann findet erfüllen häufig diese Anforderungen nur teilweise.
- Der trockenste Ort in der Lackiererei ist nun mal der Platz neben oder unter dem Einbrennofen.
- Die Folgen sind vorreagierter Pulverlack mit einem schlechten Verlauf oder bei der Mischung mit frischem Pulverlack eine Mattierung.



Pulverlacke kühl und trocken lagern

- Auch Anlagenbauer lassen sich „interessante“ Lösungen für die Lagerung von Pulverlacken einfallen.
- Das Ganze sieht zwar „englisch“ aus, stammt aber von einem deutschen Anlagenbauer.
- Das Paternoster-Pulverlacklager wurde aus „Platzgründen“ zwischen zwei Öfen gepackt.
- Zur notwendigen Kühlung des Pulverlackes wurde eine Klimaanlage „nachgerüstet“.



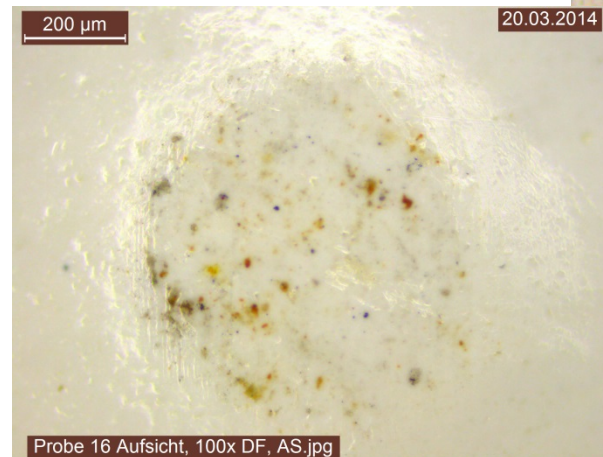
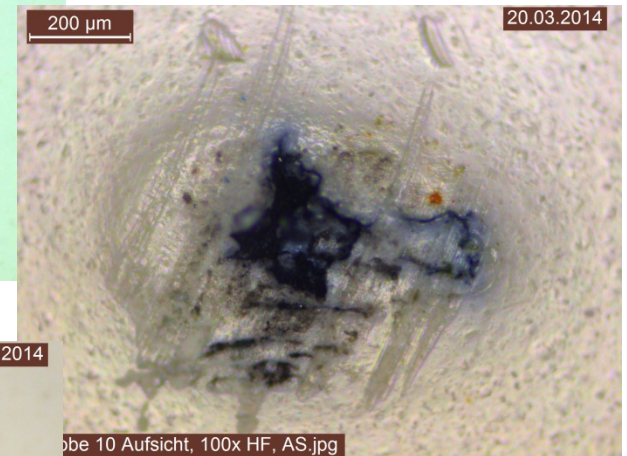
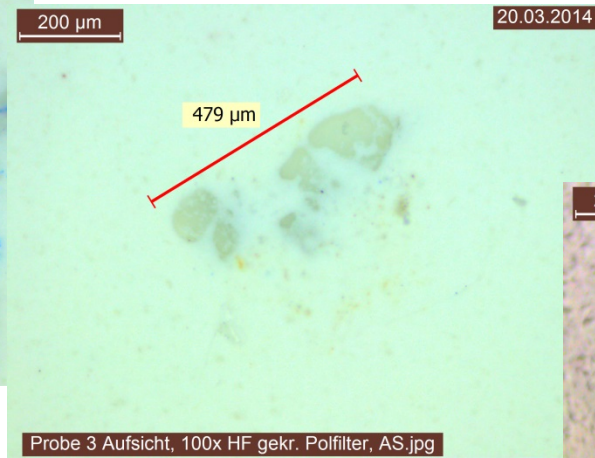
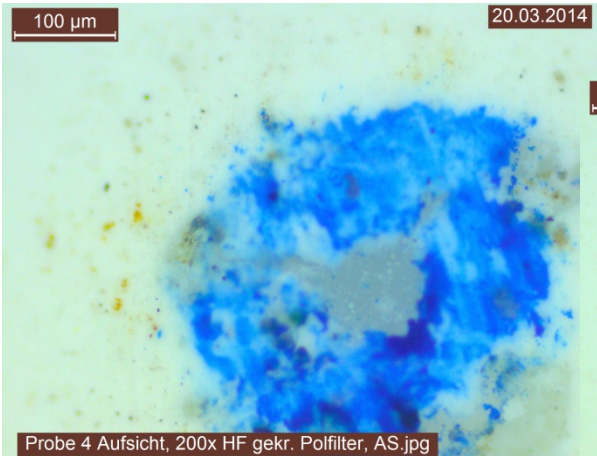
„Ganz schön staubig“ – Was niedrige
Luftfeuchtigkeiten mit
Beschichtungsfehlern zu haben?

Einschlüsse in der Beschichtung

Die Ausgangssituation

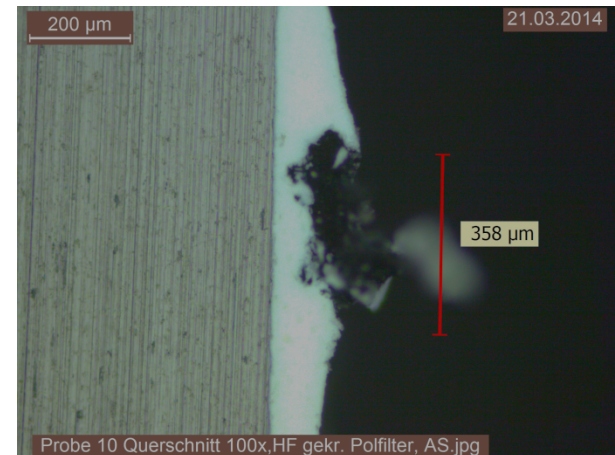
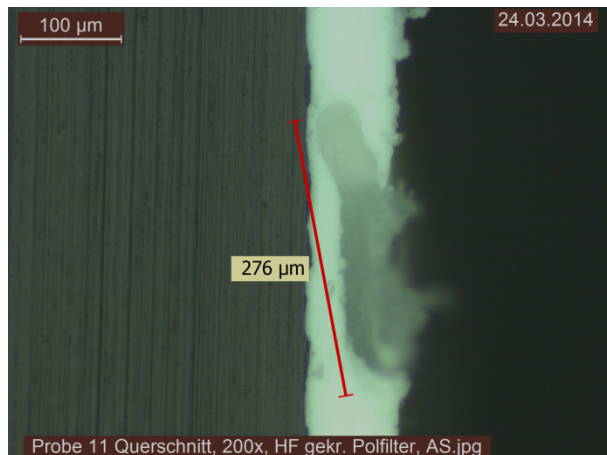
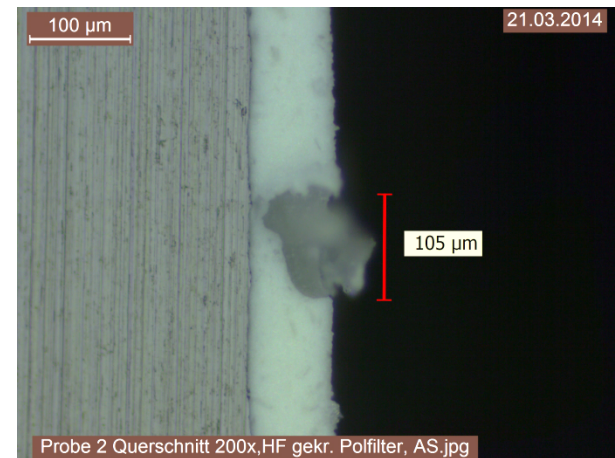
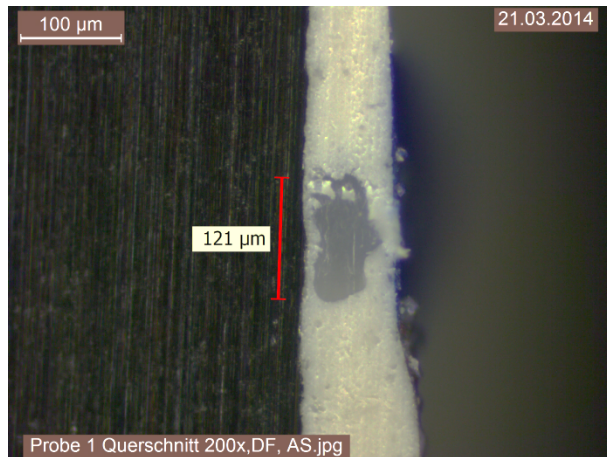
- Bei einem Beschichter für hochwertige pulverbeschichteten Bauteile treten unterschiedlich „farbige Einschlüsse“ auf.
- Die Fehlerrate erhöht sich von „normal“ 2 - 3 % auf 30 - 40 %.
- Laut Auskunft des Lackverarbeiters sind die Fehler „plötzlich“ aufgetreten nachdem man vorher über viele Wochen ohne Probleme gearbeitet hatte.

Einschlüsse in der Beschichtung



Auf den ersten Blick unterschiedliche Fehlerbilder ...

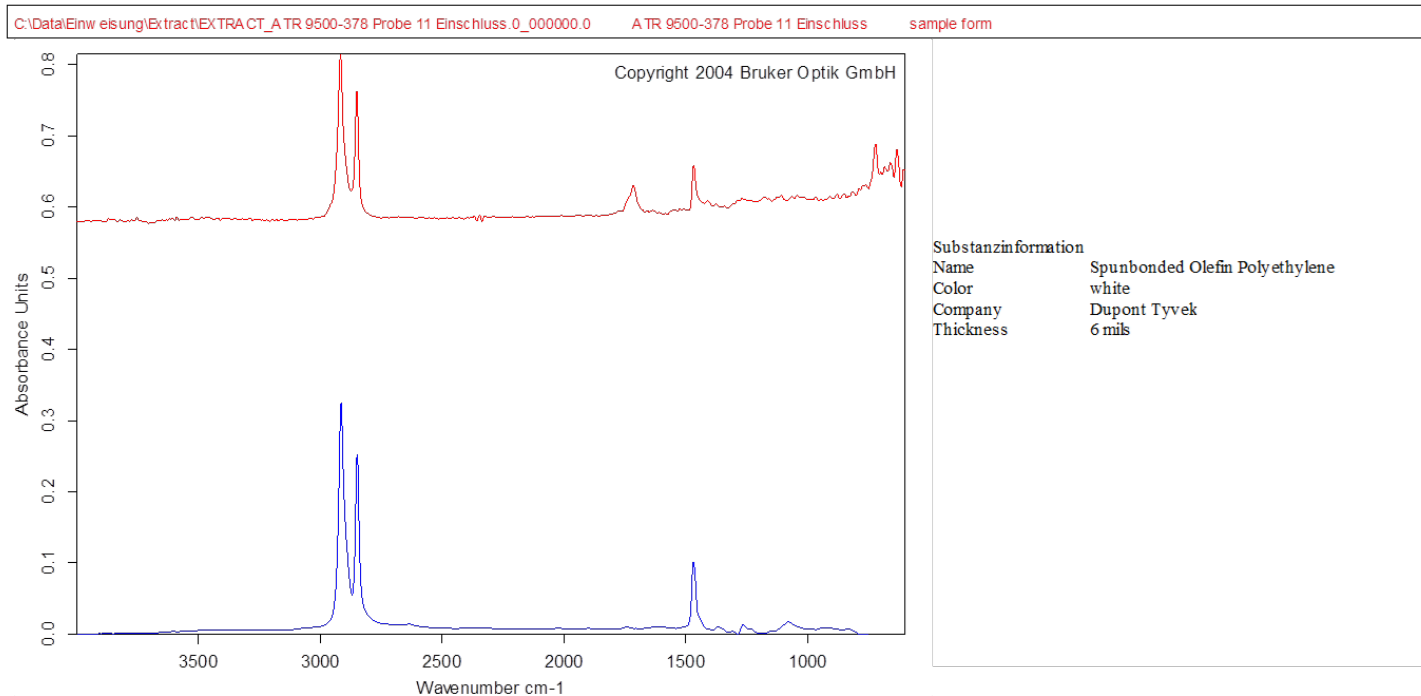
Einschlüsse in der Beschichtung



Im Schnitt erkennt man jedoch bei fast allen Proben einen „durchsichtigen“ Einschluss in der Beschichtung

Einschlüsse in der Beschichtung

- Mit der IR-Spektroskopie können die Einschlüsse einem Polyolefin wie z.B. Polyethylen zugeordnet werden

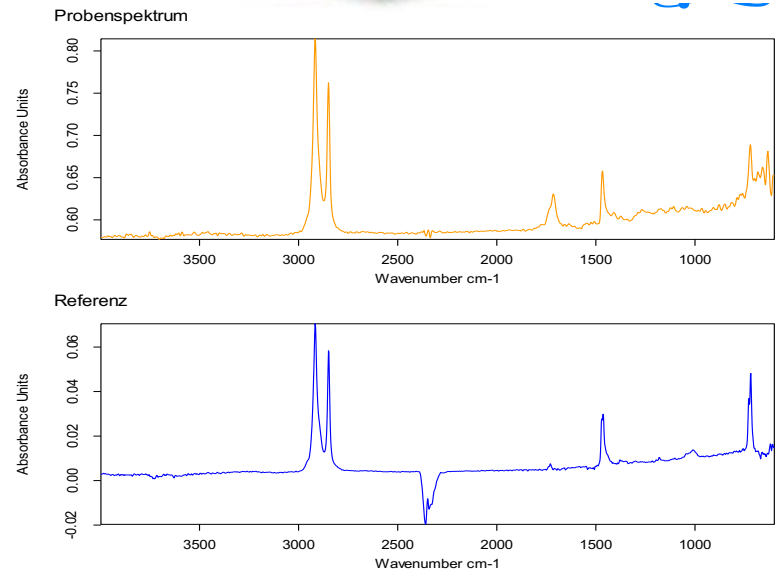


Spunbonded Olefin Polyethylene

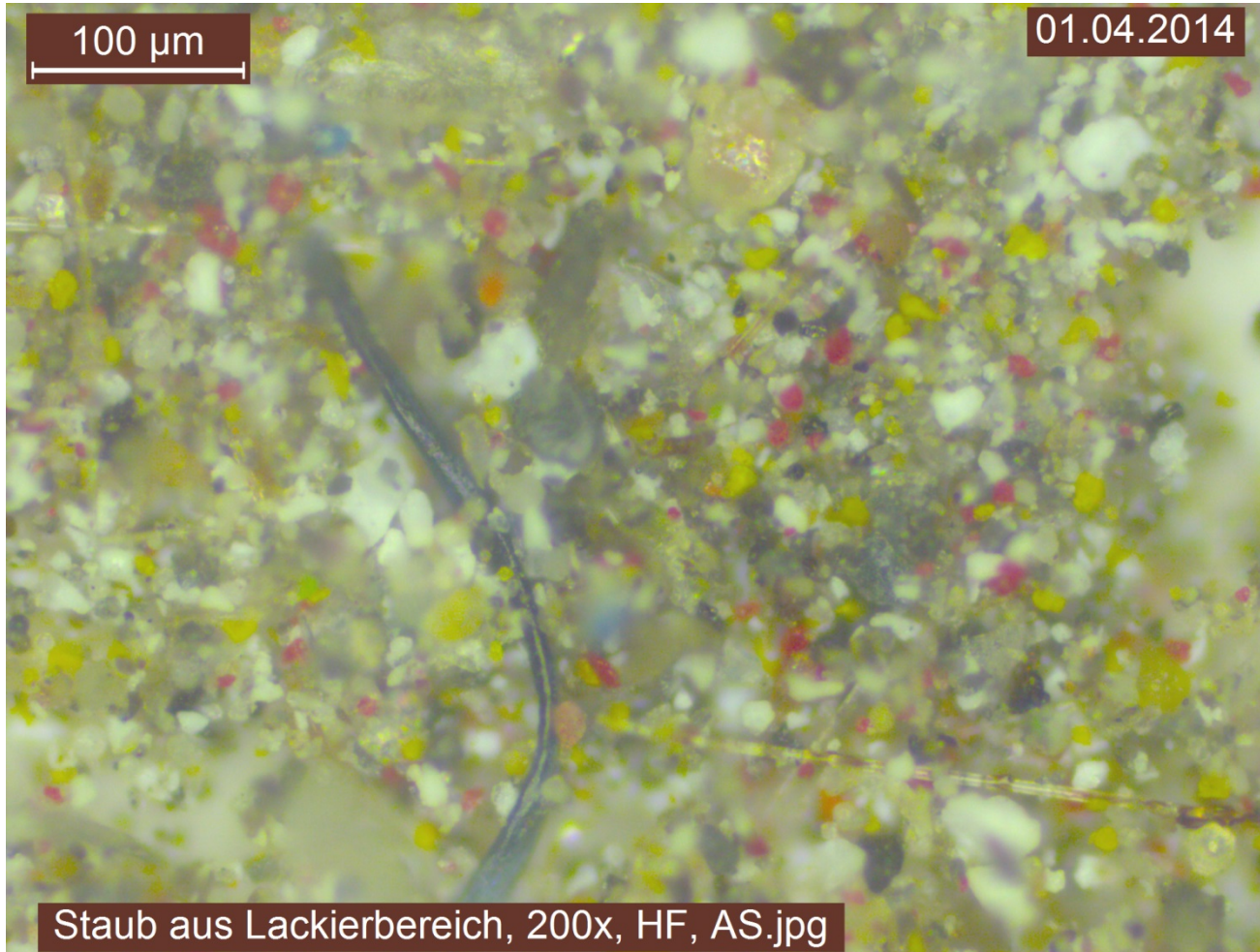
Hit Nr.	Hitqualität	Substanzname	Eintrag Nr.	Bibl. Index	Summenformel	Molekulargewicht	CAS Nummer
1	859	Spunbonded Olefin Polyethylene	134	15			
2	855	Spunbonded Olefin Polyethylene	178	15			
3	810	Spunbonded Olefin Polyethylene	136	15			
4	801	POLYETHYLENE, ENGA GE 8180	618	2	C2H4N1		9002-88-4
5	788	POLY[(ACRYLIC ACID)ETHYLENE], SURLYN	738	2			9010-77-9

Stichwort IR Spektroskopie

- Zur Analyse von organischen Verbindungen (z.B. Polymerharze und Härter)
- IR-Analyse gibt Informationen über die enthaltenen funktionellen Gruppen
- Messung von flüssigen und festen Proben
- Informationstiefe: 5-10 μm
- Minimale Größe von zu untersuchenden „Partikeln“: 40 μm (Größe des Messkristallabdrucks)
- Erhaltenes Spektrum wird mit anderen Spektren in der Bibliothek verglichen



Einschlüsse in der Beschichtung

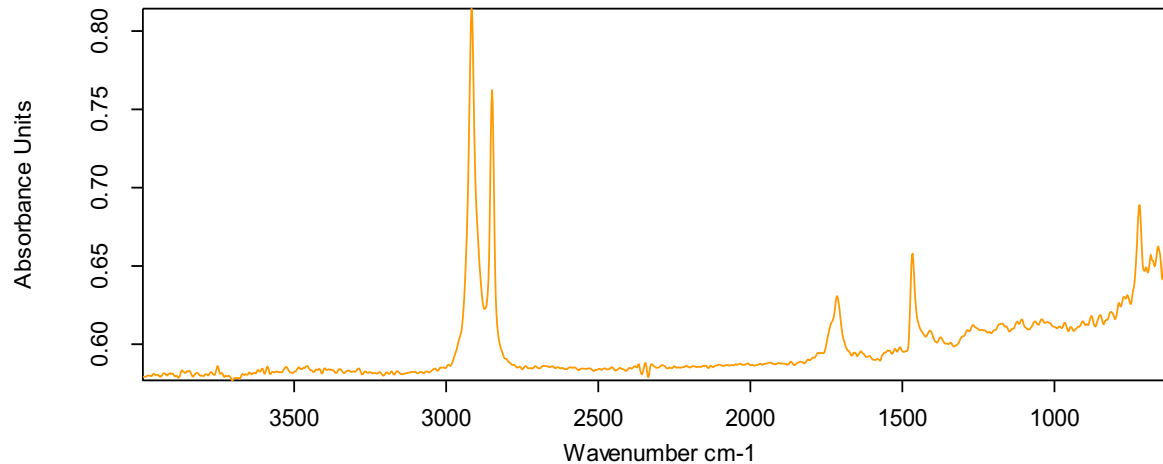


„Staubprobe“ aus dem Bereich der Pulverkabinen.

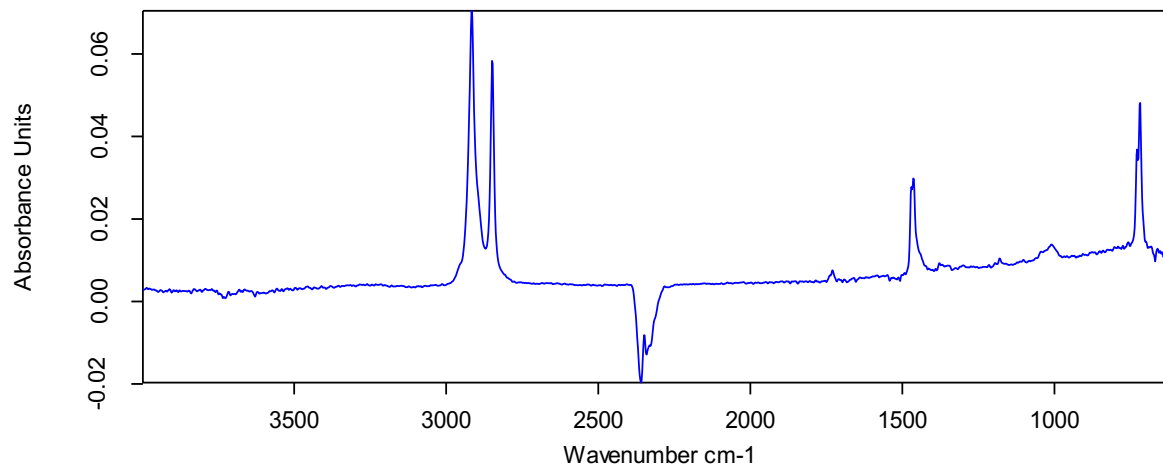
Gefunden werden hier neben Pulverlack auch durchsichtige Fasern, die dem Verpackungsmaterial zugeordnet werden können

Einschlüsse in der Beschichtung

Probenspektrum



Referenz



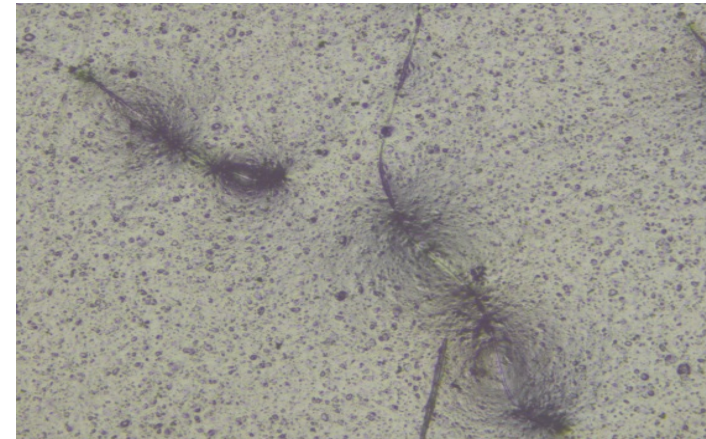
Ein Vergleich der IR Spektren der Einschlüsse mit Fasern der Polyethylenschaumfolie zeigt eine mehr als 90%ige Übereinstimmung.

Zu klären war nur noch der „Weg“ der Fasern auf die Bauteile

Einschlüsse in der Beschichtung

Kleine Ursache mit großer Wirkung ...

- Pulverlackierkabinen aus Kunststoffen -> fehlenden elektrischen Leitfähigkeit -> geringe Abscheidung von Pulverlacken.
- Elektrische Ladungen auf die Kabinenoberfläche fließen bei normalen Luftfeuchtigkeiten ab.
- Zu niedrige Luftfeuchtigkeit ab $< 25 - 30$ % rel. Luftfeuchte verhindern das Abfließen der Ladungen -> die Kabinenwände laden sich stark auf (30 - 40 KV).
- Diese so aufgeladenen Wände wirken wie eine Elektrofilter und ziehen Stäube, Pulverlackpartikeln, Fasern etc. an.
- Die so aufgeladenen Partikel „möchten“ sich aber viel lieber auf geerdeten Werkstücken abscheiden ... und das machen sie dann auch.



Fehlermöglichkeiten im Bereich der Applikation von Pulverlacken

„Märchen“ aus dem Bereich der Pulverbeschichtung

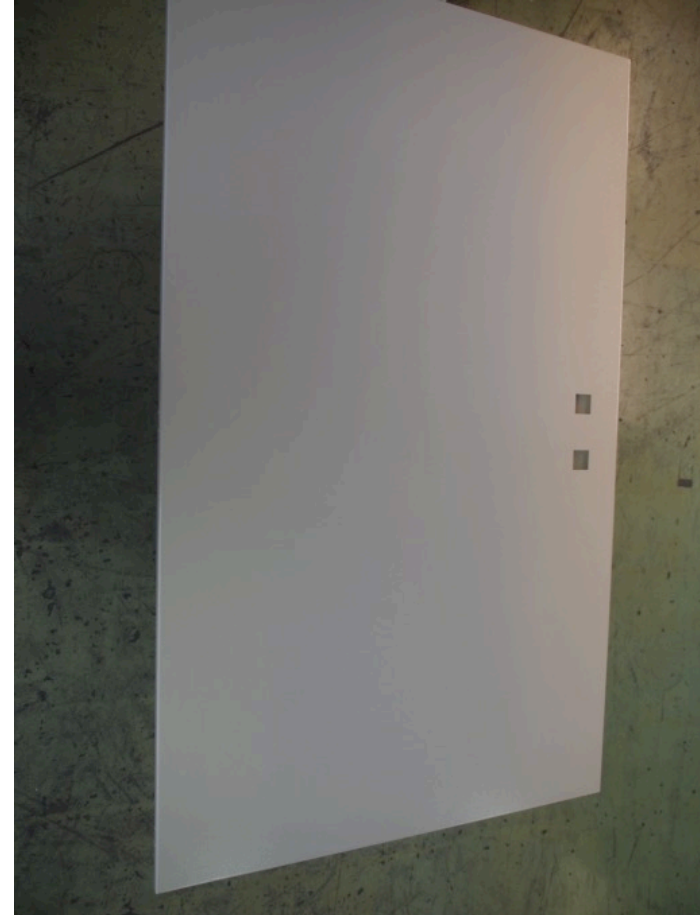
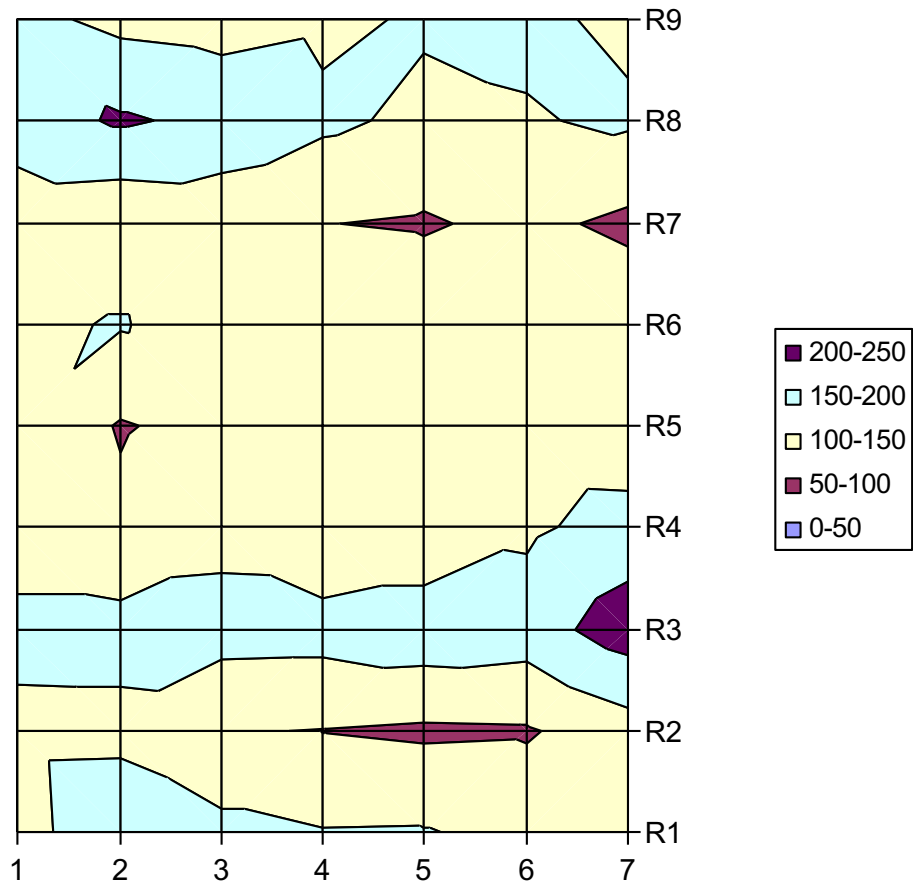
- Bei der Pulverbeschichtung erzeugt man eine große Pulverlackwolke. Der Pulverlack scheidet sich dann schon „irgendwie“ ab.
- Die Pulverlackmenge die aus einem Zerstäuber austritt ist unwichtig. Wichtig ist nur, dass überhaupt Pulverlack austritt.
- Man braucht die Pulverpistolen nicht ausstellen. Dafür hat man ja die Rückgewinnung!
- Der Zeitpunkt der Frischpulverdosierung ist es vollkommen egal.
- Bei der Automatikbeschichtung muss die Hubgeschwindigkeit **nicht** mit der Fördergeschwindigkeit abgestimmt werden.

Kann man sehen wie viel Pulverlack aus einer Automatikpistole austritt?

Der „Seher“ ...

- *„Ich sehe genau wie viel Pulverlack aus den Pistolen austritt. Da muss ich nichts messen!“*
(Hinweis: Klassische Injektor-Förderung)
- ... das war die Aussage eines Beschichters bei dem die Kunden ungleichmäßige Schicht auf flachen Bauteilen (Türen) bemängeln.
- Die Schichtdickenmessung an einem Musterbauteil gibt die Erklärung.

Der „Seher“ ...

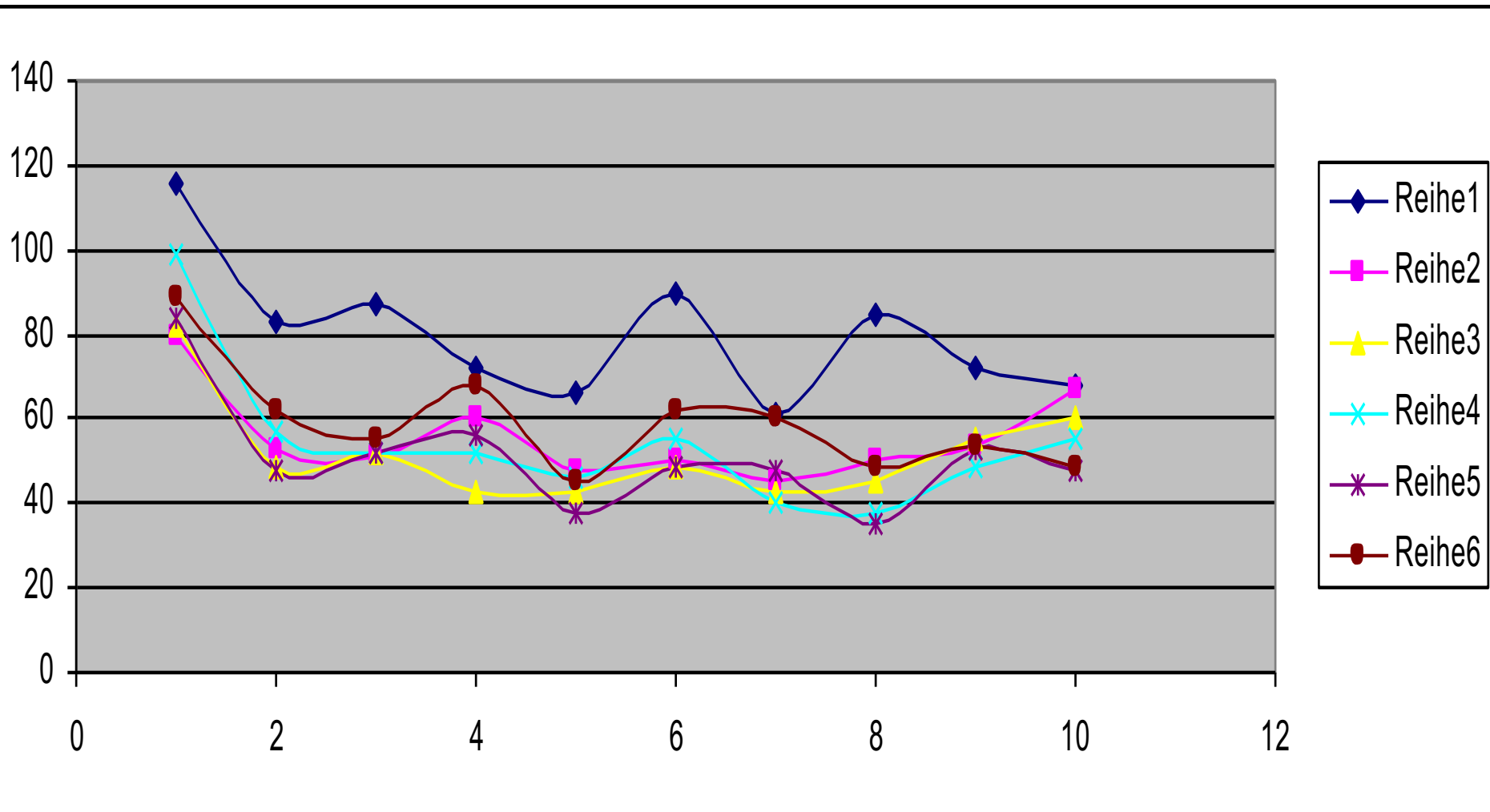


Was können Ursachen für
ungleichmäßige Pulverlackschichten
sein?

Starke Schichtdickenschwankungen

- Der Beschichter lackiert für den Endkunden kleine Bauteile.
- Dabei werden jeweils 60 Bauteile auf einem Warenträger beschichtet.
- Der Endkunde bemängelt hohe Schichtdickenschwankungen.
- Das Messen der Schichtdicken der 60 Bauteile auf dem Warenträger ergibt die Lösung.

Starke Schichtdickenschwankungen



Ursache: Hubgeschwindigkeit nicht an Fördergeschwindigkeit angepasst

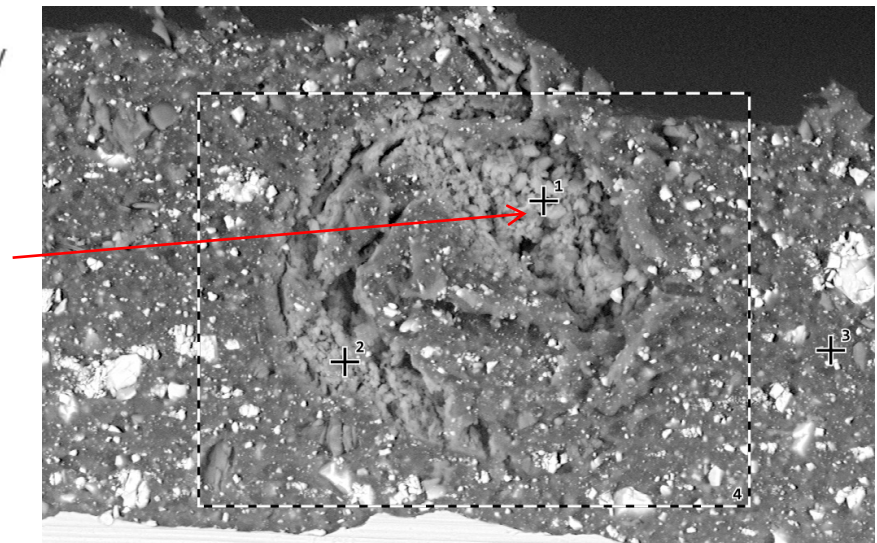
**Können falsch konstruierte Warenträger
zu Beschichtungsfehlern führen?**

Warenträger und ungewöhnliche Fehlerbilder

Die Ausgangssituation

- Bei einem Beschichter werden Einschlüsse in der Beschichtung gefunden.
- Bei den Einschlüssen (60 – 80 µm) handelt es sich aufgrund der Untersuchungen mit der Röntgenmikroanalyse (EDX) um eine kalium- und sauerstoffhaltige Verbindung -> z.B. Kaliumhydroxid.

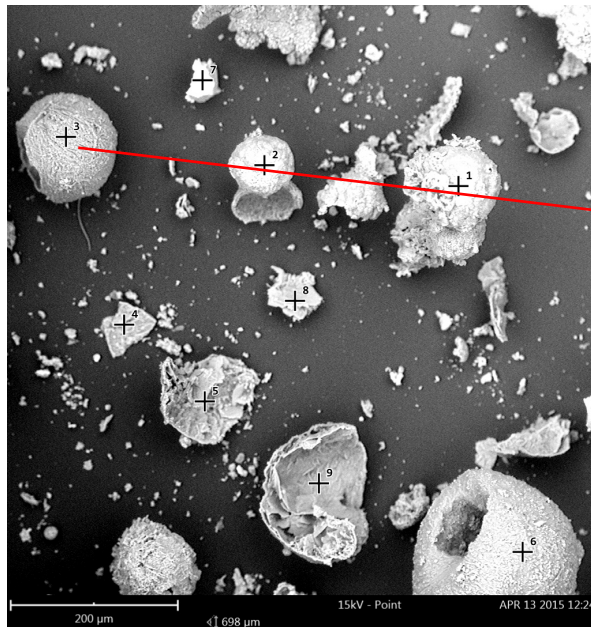
	Atomic percentage	Certainty
O	45.5 %	0.98
K	29.3 %	0.99
Fe	10.2 %	0.99
N	6.3 %	0.93
C	5.6 %	0.98
Al	2.1 %	0.97
S	0.9 %	0.95
Ba	0.3 %	0.84



Warenträger und ungewöhnliche Fehlerbilder

Die Auflösung ...

- Bei einer Begehung des Pulvereinbrennofens wird Staub gefunden, der aus vergleichbaren Partikeln mit ähnlicher Zusammensetzung besteht.



	Atomic percentage	Certainty
O	66.0 %	0.99
K	18.3 %	0.99
C	10.7 %	0.99
Al	3.9 %	0.98
S	0.9 %	0.97
Sn	0.2 %	0.88

Warenträger und ungewöhnliche Fehlerbilder

Die Auflösung ...

- Als Verursacher konnte letztendlich der Warenträger identifiziert werden.
- Dieser bestand aus verschweißten Hohlprofilen, die aber nicht wirklich richtig verschweißt waren.
- Im chemischen Entlackungsprozess trat Kaliumhydroxid (Bestandteil des Entlackungsmittels) in den Hohlraum ein.
- Der Austritt, die „Zerstäubung“, erfolgte dann allerdings erst im Pulvereinbrennofen.

Glänzender, matter Pulverlack

Glänzender, matter Pulverlack

Die Ausgangssituation

- Bei einem Beschichter treten „Glanzgradprobleme“ bei der Verarbeitung eines matten Pulverlackes auf.
- Die Gründe sind (zunächst) nicht klar zuzuordnen.
- Laut Aussage des Beschichters hat er alles richtig gemacht!
- Fazit: „*Der Pulverlack muss fehlerhaft sein!*“
- Die Überprüfung mit einem pulverbeschichteten Musterblech (ausgehärtet in einem Laborofen) ergibt: Der Glanzgrad des Pulverlackes ist i.O.
- Was können die Gründe sein?

Glänzender, matter Pulverlack

Die Aufklärung

- Bei einer Nachmessung der Ofentemperatur wird festgestellt, dass diese für die Aushärtung des Pulverlackes zu niedrig war.
- Für die „Ausbildung“ der „Mattierung“ (= Unverträglichkeit) wird jedoch höhere Einbrenntemperaturen.
- Solche Fehlerbilder sind i.d.R. nicht durch einen zweiten Durchlauf (bei erhöhter Temperatur) „heilbar“.

Pulverbeschichtungen auf schweren Bauteilen richtig aushärten!

Alles „trocken“ oder was?

Die Ausgangssituation

„trocken“ ist bei Pulverlacken natürlich nicht korrekt.

- Bei beschichteten „Großbauteilen“ kommt es an verschiedenen Stellen zu einem Abplatzen der Beschichtung.
- Bei den Bauteilen handelt es sich um Aluminium Stranggussprofile.
- Der Beschichter behauptet keinen Fehler gemacht zu haben.
- Zunächst deutet sehr viel auf einen Fehler im Vorbehandlungsprozess hin.

Alles „trocken“ oder was?



Visueller Eindruck des Haftfestigkeitsverlustes

Alles „trocken“ oder was?

Die Aufklärung

- Es konnte eine einwandfrei ausgebildete Passivierung nachgewiesen werden -> kein Vorbehandlungsfehler.
- Mit einer DSC Messung konnte eine Untervernetzung der Beschichtung festgestellt werden.
- Nach der Durchführung einer Ofenmessung konnte nachgewiesen werden, dass die vom Beschichter gewählte „Ofenzeit“ von 45 Min. nicht ausreichend war um die Bauteile zu erwärmen und den Pulverlack auszuhärten.

Phantomfehler – Haftfestigkeitsverluste
bei der Prüfung selbst „erzeugt“

Phantomfehler

Die Ausgangssituation ...

- Bei einem Zulieferer (Beschichter) eines Automobilherstellers kommt bei bestimmten Produkten im Rahmen der Gitterschnittprüfung zu „Auffälligkeiten“ (Gitterschnittkennwerte von 3 - 4).
- Bei anderen Beschichtern, die bei identischen Produkten ebenfalls den Decklack auf bereits grundierte Bauteile aufbringen treten diese Fehler nicht auf.
- Solche oder ähnliche Ergebnisse treten regelmäßig auf.
- Die Ursache ist häufig in einer falschen Durchführung der Gitterschnittprüfung zu suchen.

Prüfungen auf dem Prüfstand zeigt Prüfungen, die immer wieder falsch durchgeführt werden.



Prüfungen auf dem Prüfstand - Messmethoden der industriellen Lackiertechnik

Übersicht Videos Playlists Kanäle Kanalinfo

Beliebte Videos



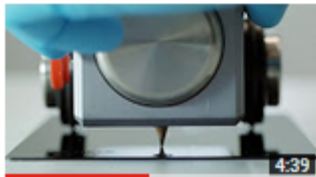
"Prüfungen auf dem Prüfstand" - Schichtdicke
vor 1 Jahr • 983 Aufrufe
Das Video befasst sich mit der Schichtdickenmessung und erläutert wie Schichtdicken mit dem Wirbelstrom...

4:48



"Prüfungen auf dem Prüfstand" - Viskositätsmessung
vor 1 Jahr • 831 Aufrufe
Das Video der Reihe "Prüfungen auf dem Prüfstand" befasst sich mit der Viskositätsmessung im ...

7:05



Bleistifthärte
vor 5 Monaten • 357 Aufrufe
Das Video befasst sich mit der Bleistift-Härteprüfung. Die Bleistift-Härteprüfung ist gemäß der DIN EN ISO ...

4:39



Prüfungen auf dem Prüfstand" - Gitterschnitt
vor 1 Jahr • 883 Aufrufe
Das jetzt fertiggestellte Video der Reihe "Prüfungen auf dem Prüfstand" befasst sich mit dem Thema

5:50



"Prüfungen auf dem Prüfstand" - Glanzgradmessung
vor 1 Jahr • 510 Aufrufe
Das jetzt fertiggestellte Video der Reihe "Prüfungen auf dem Prüfstand" befasst sich mit der ...

4:30



"Prüfungen auf dem Prüfstand" - Pendeldämpfung
vor 4 Monaten • 253 Aufrufe
Das Video befasst sich mit der Pendeldämpfung nach DIN EN ISO 1522, die allgemein als reine Härteprüfung...

4:36

Gitterschnittprüfung



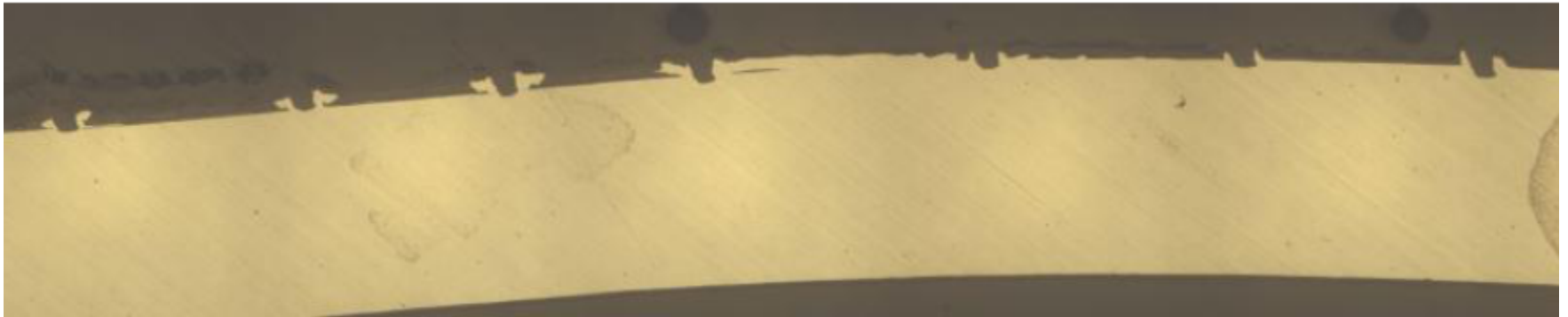
Der „Klassiker“ – Die Gitterschnittprüfung

Gitterschnittprüfung



Guter und schlechter Gitterschnitt auf einem Bauteil

Gitterschnittprüfung



Guter (unten) und schlechter (oben) Gitterschnitt auf einem Bauteil im Querschliff

Gitterschnittprüfung

Faktoren für eine „richtige“ Prüfung

- Hintergrund: In der Praxis stellen sich viele „schlechte“ Messungen als Messfehler heraus)
- Einflussgrößen:
 - Klingenart (Mehrschneidenmesser, Cutter-Messer, Schablone)
 - Schnittabstand
 - Schnitttiefe
 - Konditionierung der Prüfteile
 - Problem: Art des Klebebands
 - Sprödigkeit / Elastizität der Beschichtung
 - ...