

# Ortsaufgelöste Messung filmischer Verunreinigungen

Die Fluoreszenzmesstechnik bietet eine zerstörungsfreie Möglichkeit, um filmische Verunreinigungen sensitiv und ortsaufgelöst zu ermitteln. Durch eine CAD-Daten-gestützte Bauteilerkennung können kritische Oberflächenbereiche unabhängig von der Position des Bauteils vollautomatisch bewertet werden.

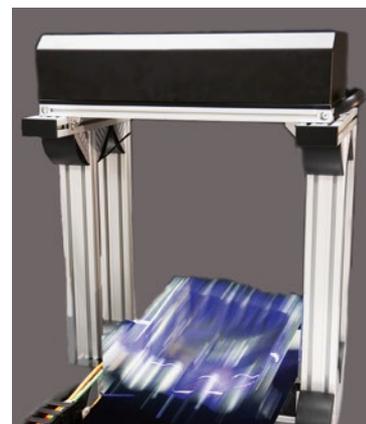
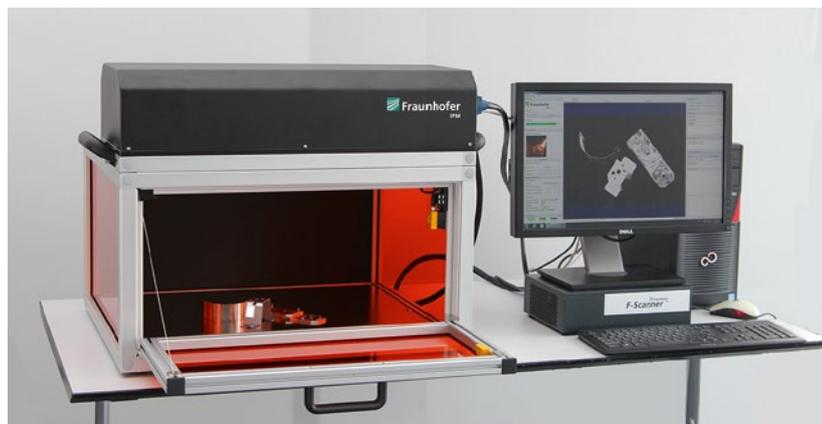
Kaum ein technisches Produkt kommt ohne Lackierung, Korrosionsschutz oder andere Beschichtungen aus. Wie bei vielen weiteren Fertigungsprozessen bestimmt die Sauberkeit von Oberflächen die Qualität dieser Beschichtungen. Neben partikulären Verunreinigungen gelten filmische Verunreinigungen wie Öle, Fette, Rückstände von Kühlschmierstoffen und weiteren Fertigungshilfsmitteln sowie Handschweiß und Fingerabdrücke als die wichtigsten qualitätsmindernden Verunreinigungen. Eine unzureichende Vorreinigung der Oberflächen führt beispielsweise in der sich anschließenden nasschemischen Vorbehandlung (Passivierung, Chromatierung oder Phosphatierung) zu Benetzungstörungen und mangelhafter Abscheidung von Konversionsschichten und Korrosionsschutz-

schichten /1-3/. Die Folgen sind für den Kunden leicht erkennbare optische Mängel des Produktes sowie eine Verkürzung der Lebensdauer des Gesamtproduktes, etwa durch Korrosion.

Die Lösung ist eine 100-Prozent-Kontrolle, die schon im Produktionsprozess ansetzt. Nur durch eine Reinheitsprüfung zeitlich vor der Beschichtung wird es möglich sein, spätere Defekte oder andere ungewünschte Fehlfunktionen für jedes einzelne Bauteil rechtzeitig zu erkennen. Es gibt eine Reihe an Standardverfahren, um verschiedene filmische Verunreinigungen zu detektieren. Testtinten erlauben beispielsweise die Bestimmung eines Grenzwertes der Oberflächenspannung. Dazu wird eine Testtinte auf die Oberfläche aufgetragen und dann geprüft, ob die Tinte anhaftet oder abperlt. Dieser Test ist zum

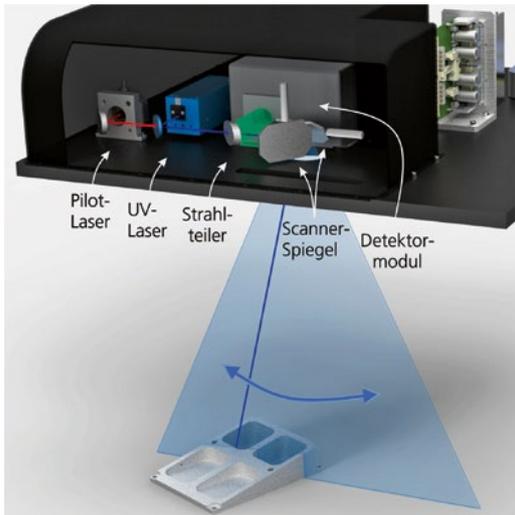
einen nur lokal und liefert lediglich Informationen für die Stelle des Tintenauftrages, zum anderen ist das Bauteil danach durch die Testtinte verunreinigt.

Eine Alternative ist die Messung mittels Restgasanalytik. Hierbei werden organische Verunreinigungen durch Erhitzen oder durch Einschleusen des Bauteils in ein Vakuum von der Oberfläche gelöst. Über eine nachgeschaltete Analytik kann dann sehr sensitiv auf die Menge an organischen Verschmutzungen auf der Oberfläche rückgeschlossen werden. Aber auch dieses Verfahren hat den Nachteil, dass das Messergebnis keine Ortsinformation enthält: Das Messgerät liefert denselben integrierten Wert der gesamten Oberfläche, egal ob die Verunreinigung als störender dicker Tropfen in einer Nut vorliegt, oder als homogener



© Fraunhofer IPM

**Bild 1** > Der F-Scanner detektiert feinste Bauteilverschmutzungen ortsaufgelöst – im Labor (links) und in der Fertigungslinie (rechts).



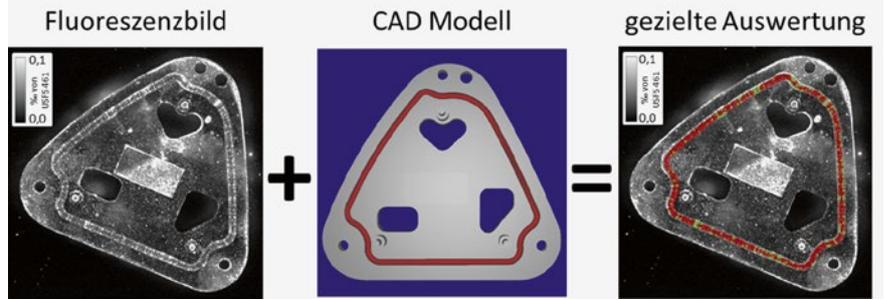
© Fraunhofer IPM

**Bild 2** > Funktionsprinzip: Die Laserstrahlen des roten Pilotlasers sowie des UV-Lasers werden überlagert und über zwei Scannerspiegel in die Probenkammer gelenkt. Das an der Oberfläche der Probe erzeugte Fluoreszenzlicht wird dann durch den Strahlteiler auf den Detektor gelenkt und einem einzelnen Bildpunkt zugeordnet.

Film auf einer nicht relevanten Außenfläche verteilt ist.

### 100-Prozent-Kontrolle von flächigen Bereichen

Eine zerstörungsfreie Alternative bietet die optische Detektion filmischer Verunreinigungen. Die meisten Systeme zur optischen Messung dünner Schichten messen punktförmig an einzelnen Stellen



© Fraunhofer IPM

**Bild 3** > Anhand einer CAD-Daten-basierten Lageerkennung lässt sich die Messwertemenge automatisch auf relevante Bereiche eingrenzen. Im Fluoreszenzbild leuchten starke Verschmutzungen weiß (links), relevante Oberflächenbereiche sind in den CAD-Daten rot dargestellt (Mitte). Im Auswertebild sind kritische Verschmutzungen grün markiert (rechts).

des Bauteils. Der F-Scanner vom Fraunhofer IPM, ermöglicht dagegen eine orts aufgelöste 100-Prozent-Kontrolle von flächigen Bereichen. Dabei wird eine bildgebende Fluoreszenzanalyse eingesetzt, die filmische Verunreinigungen erkennt und quantifiziert. Die Bildgebung ist in diesem Zusammenhang ein wesentlicher Vorteil, da nur so die Reinheit der relevanten Flächen vollständig bewertet werden kann. *Bild 1* zeigt das gesamte Messsystem – als Laborgerät und als Prüfsystem in der Fertigungslinie /4/.

Bei dieser Messtechnik rastert ein Laser-scanner die Oberfläche punktwise mit UV-Licht ab. Viele organische Materialien insbesondere Fette, Öle, Kleber und Trennmittel zeigen bei dieser Wellenlänge ein starkes Fluoreszenzverhalten, das heißt, sie wandeln einen Teil des UV-

Lichts in sichtbares Licht um. Die meisten anorganischen Materialien hingegen – insbesondere Metalle – zeigen dieses Verhalten nicht.

Detektiert man Punkt für Punkt das resultierende Fluoreszenzsignal, erhält man durch geeignete spektrale Filterung Bilder, auf denen eventuelle Verschmutzungen mit organischen Materialien oder auch gewünschte Belegungen, zum Beispiel Haftvermittler, auf metallischem Untergrund kontrastreich und damit eindeutig zu erkennen sind.

### Einfache Linienintegration

Die optische Detektionseinheit ist schematisch in *Bild 2* skizziert. Neben der in *Bild 1* links gezeigten Konfiguration als Laborgerät, lässt sich die Optikeinheit an-



**Was wäre ...**  
... wenn Sie in Ihrer Produktion bis zu 98 % Frischwasser einsparen könnten?



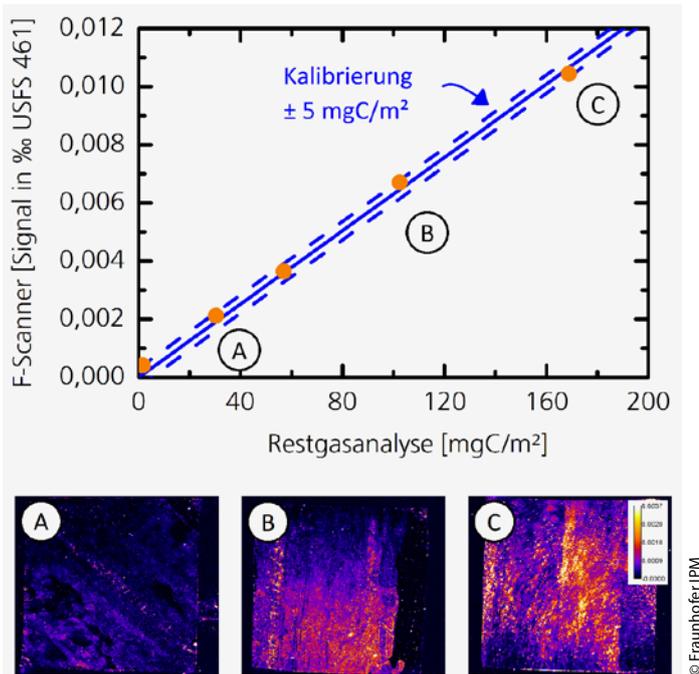
**Wissen Sie eigentlich, wie viel Potenzial in Ihrem Abwasser steckt?**

Informieren Sie sich, wie Sie mit unserer KMU LOFT Verdampfer-Technologie das Potential nutzen können. Dauerhaft wirtschaftliche Lösungen zur Abwasserreduzierung und Ressourcenrückgewinnung.

Halle 5, Stand C05  
23. - 25. Oktober 2018



[www.kmu-loft.de](http://www.kmu-loft.de)



**Bild 4** > Beispiel für die Kalibrierung des F-Scanners für ein Walzöl auf Metallfolien. Dargestellt ist der Zusammenhang zwischen dem gemessenen Fluoreszenzsignal und dem mittels Restgasanalyse bestimmten Restkohlenstoff auf der Oberfläche. Die Abweichung zwischen beiden Messsystemen beträgt weniger als  $\pm 5 \text{ mgC/m}^2$ . Die Messbilder A, B und C zeigen die unterschiedlichen Belegungsgrade in einer Falschfarbendarstellung.

statt auf einer Probenkammer auch direkt in die Produktionslinie integrieren (Bild 1 rechts). Durch die Aufnahme von 400 Linien pro Sekunde mit jeweils knapp 1000 Pixeln können je nach Taktrate und Bauteilgröße laterale Auflösungen von bis zu  $500 \mu\text{m}$  erreicht werden.

Dieses Messverfahren hat den großen Vorteil, Bilder mit hoher Ortsauflösung in hoher Geschwindigkeit zu erzeugen. Das erlaubt einen hohen Flächendurchsatz bei gleichzeitig hoher Empfindlichkeit. Selbst geringste Rückstände bis weniger als  $10 \text{ mg/m}^2$  ( $= 1 \mu\text{g/cm}^2$ ) sind so problemlos detektierbar. Darüber hinaus gewährleisten drei weitere wichtige Systemeigenschaften eine einfache Linienintegration:

- Die Detektion mittels Laserlicht sorgt für eine hohe Tiefenschärfe, sodass komplexe 3D-Bauteile ohne Nachführung gemessen werden können.
- Die Ferndetektion aus rund einem Meter Abstand erlaubt eine flexible Positionierung des Messsystems in der Fertigung.
- Die augensichere Hausung, die benutzerfreundliche Software sowie diverse Schnittstellen zur Anlagensteuerung

garantieren eine einfache Integration in die Fertigung.

### Lageerkennung relevanter Bereiche

Eine neue Funktion im F-Scanner erlaubt jetzt erstmals das Laden der CAD-Daten der zu analysierenden Bauteile. Neben der Bauteilgeometrie enthalten diese Datensätze auch Informationen über die im Fluoreszenzbild auszuwertenden Bereiche. Zur Bestimmung der Lage des Bauteils in der Probenkammer, wird zusätzlich zum Fluoreszenzbild mit einem zweiten Detektor ein deckungsgleiches konventionelles Bild der Bauteilgeometrie aufgezeichnet. Eine automatisierte Bildverarbeitung vergleicht die in diesem konventionellen Bild aufgezeichneten Konturen des Bauteils mit den Informationen aus den CAD-Daten. Auf diese Weise werden zum einen die Lage des Bauteils innerhalb der Probenkammer und zum anderen auch die exakte Position der auszuwertenden Bereiche bestimmt.

Erst diese intelligente orts aufgelöste Messung mittels Lageerkennung erlaubt eine zuverlässige und schnelle Auswertung. Bild 3 zeigt die neue Funktion am Beispiel

eines Gehäusedeckels. Das System kann vollautomatisch relevante Verschmutzungen detektieren, ohne die Lage des Bauteils vorab definiert zu kennen. Das Wissen über die exakte Verteilung der Verunreinigungen auf dem Bauteil kann auch zur intuitiven Visualisierung der Verunreinigungen genutzt werden. Die im Fluoreszenzbild aufgezeichnete „Verschmutzungskarte“ kann zusätzlich auf die gerenderten CAD-Daten projiziert werden. Dies erleichtert die intuitive Interpretation der Messdaten.

### Kalibrierung der Fluoreszenzanalyse

Ist der Typ der Verunreinigung bekannt, kann der Zusammenhang zwischen Fluoreszenzsignal und Schichtdicke oberflächenspezifisch ermittelt und im F-Scanner als Kalibrierung hinterlegt werden. Für diese Kalibrierung der bildgebenden Fluoreszenzanalyse hat das Fraunhofer IPM in den letzten Jahren verschiedene Methoden entwickelt. Neben dem Drucken dünner Ölbelegungen mithilfe eines InkJet-Druckers [5] wurden die Proben auch mittels einer Sprühanlage oder durch Walzen aufgetragen.

Bild 4 zeigt beispielhaft die Kalibrierung des Scanners für ein spezielles Walzöl auf Metallfolien. Hierzu wurden unterschiedliche Mengen des Öls auf die Oberfläche aufgewalzt. Die Kalibrierung der Fluoreszenzmessung erfolgte durch die Referenzierung mit Messwerten eines Systems zur Restgasanalyse. Die Abbildung zeigt sehr gut die Präzision des Prüfverfahrens und auch den linearen Zusammenhang zwischen der mittleren gemessenen Fluoreszenzintensität und der Gesamtmenge des Kohlenstoffs auf der Oberfläche.

Die Kalibrierung gelingt zuverlässig trotz der in diesem Fall sehr inhomogenen Verteilung (siehe Messbilder A, B und C). Selbst geringe Mengen Walzöl können gemessen werden. Um die Übertragbarkeit der Kalibrierungen zwischen verschiedenen Systemen sicherzustellen, bezieht das Fraunhofer IPM die Fluoreszenzsignale stets auf den kommerziell verfügbaren Fluoreszenzstandard vom Typ USFS 461.

### Vielfältige Anwendungsbereiche

Filmische Verunreinigungen spielen bei vielen industriellen Prozessen eine wichtige Rolle. Das Fraunhofer IPM hat in den letzten Jahren Bauteile aus ganz unter-

schiedlichen Anwendungen untersucht: Das Spektrum reicht von im Druckgussverfahren hergestellten Alufelgen vor dem Eloxieren über Elektronikgehäuse vor dem Verkleben bis hin zu Verunreinigungen in Anlagen zur Medikamentenherstellung /6/. Neben der Messung filmischer Verunreinigungen kann die Technologie auch zur Bestimmung der Dicke und Homogenität gezielt aufgebracht Beschichtungen wie Umformölen oder Haftvermittlern genutzt werden. //

Halle 5, Stand C31

### Literaturhinweise

- / 1 / Triebert, J., Schütz, A., Schümann, D.: Fett weg! – Vermeiden von Beschichtungsfehlern, metalloberfläche 62 (2008) 10, 29-31
- / 2 / Meyer, D., Schulz, W.-D., Sommer, J.: Einfluß von Oberflächenverunreinigung auf Phosphatierung und Lackierung, metalloberfläche 49 (1995) 12, 920-925
- / 3 / Stieglitz, U., Schulz, W.-D.: Feuerverzinken: Einfluss des Entfettens auf das Beizen, metalloberfläche 47 (1993) 12, 1-7
- / 4 / Brandenburg, A., Holz, P. (2016). Kleinste Verunreinigungen werden sichtbar - Inline-Fluoreszenz-Messsystem für die Oberflächeninspektion. Qualität Und Zuverlässigkeit, 1, 2. Retrieved from [www.qz-online.de/1222088](http://www.qz-online.de/1222088)
- / 5 / Holz, P., Lutz, C., Brandenburg, A. (2017). Optical scanner system for high resolution measurement of lubricant distributions on metal strips based on laser induced fluorescence, 103292A. <http://doi.org/10.1117/12.2269386>
- / 6 / Holz, P., Kock, H., Sernberger-Rützel, E. (2014). Serie: Sauberkeit und Reinigung in der Produktion – Teil 3: Sauberkeitsprüfung von Maschinen und Anlagen - Equipment und Verfahren. TechnoPharm, 4, 241–251.

### Kontakte

#### Dipl.-Ing. Philipp Holz

Tel. 0761 8857380  
[philipp.holz@ipm.fraunhofer.de](mailto:philipp.holz@ipm.fraunhofer.de)

#### Dr.-Ing. Albrecht Brandenburg

Tel. 0761 8857306  
[albrecht.brandenburg@ipm.fraunhofer.de](mailto:albrecht.brandenburg@ipm.fraunhofer.de)  
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg  
[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)

Anzeigen-Sonderveröffentlichung



a brand of  
FREUDENBERG

## SurTec auf der parts2clean 2018

### Reinigen in der Prozesskette

SurTec, Spezialist für Oberflächentechnik, stellt auf der diesjährigen Leitmesse in Halle 3, Stand C13, seine wässrigen Reinigungssysteme als wichtigen Teil der Prozesskette in den Mittelpunkt der Präsentation.

Mit seinen vier Anwendungsfeldern Industrielle Teilereinigung, Metallvorbehandlung, Funktionale und Dekorative Galvanotechnik deckt SurTec das volle Portfolio in diesem Bereich ab. Leistungsstarke Reiniger zählen neben der Metallvorbehandlung und der funktionalen und dekorativen Galvanotechnik zu den Kernkompetenzen des Unternehmens.

SurTec unterstützt den Kunden bei der Prozessaufstellung und -umsetzung und generiert so eine hohe Wertschöpfung für den individuellen Reinigungsprozess.

#### Dabei profitieren SurTec Kunden in 5 Schritten vom Know-how des Anbieters:

- Aufnahme der Prozess- und Bauteilsauberkeitsanforderungen
- Auswahl der geeigneten SurTec Reinigungssysteme
- Unterstützung bei Prozessentwicklung und -adaptierung
- Unterstützung bei Auswahl und Einrichtung des Reinigungsprozesses und Anlagentechnik
- Abstimmung der Prozesskontrolle und fortlaufender technischer Support

### Parts2clean 2018 Stand C13 in Halle 3

#### Über SurTec

SurTec entwickelt, produziert und vertreibt chemische Spezialitäten für die Oberflächenbehandlung und ist nach der internationalen Norm ISO 9001 (Qualitätsmanagement) sowie nach OHSAS 18001 und ISO 14001 zertifiziert.

Die SurTec Gruppe mit Sitz in Bensheim, Deutschland, gehört zur Freudenberg Chemical Specialities SE & Co. KG und ist in 22 Ländern mit eigenen Gesellschaften und in mehr als 20 Ländern über Partnerunternehmen vertreten.

#### Kontakt:

Benjamin Diener  
SurTec Deutschland GmbH  
SurTec-Straße 2 • 64673 Zwingenberg  
Phone: +49 172 2999591 • [Benjamin.Diener@SurTec.com](mailto:Benjamin.Diener@SurTec.com)

[www.SurTec.de](http://www.SurTec.de)